



## **El poder de las tecnologías de información y comunicación y su impacto en la Educación**

Trabajo de incorporación a la Academia de Mérida como Miembro Correspondiente  
Estadal en el área de las Ciencias Físicas, Matemáticas, Naturales, Químicas, de Salud  
y Tecnología

Jonás Arturo Montilva Calderón, Ph.D.

Mérida, Venezuela, Marzo, 2017

## Resumen

El cambio que las tecnologías de información y comunicación están ocasionando, en todos los ámbitos de la sociedad contemporánea, es ineludible e innegable. Son parte de nuestra vida cotidiana y ejercerán una influencia aún mayor en el devenir de la humanidad. Para bien o para mal, marchamos hacia un mundo totalmente interconectado, en el que la comunicación no es únicamente entre seres humanos, sino que se extiende a un vasto número de objetos físicos que nos rodean. Nos referimos no solo a computadores, que de hecho se conectan desde hace décadas a través de Internet, sino a objetos de uso cotidiano, que van desde los más variados artefactos electrodomésticos y de uso personal, hasta las más complejas partes de una planta industrial. Así, por ejemplo, la interconexión digital de estos objetos, conocida como la Internet de las Cosas, espera conectar para el año 2020 más de 26 mil millones de dispositivos, creando así la red digital más compleja que el ser humano haya podido crear.

Tradicionalmente, se ha considerado a las tecnologías de información y comunicación (TIC) como productos que transforman datos en información y la distribuye a través de diferentes canales de comunicación. Sin embargo, en la actualidad, la capacidad de las TIC se extiende a otras formas más complejas de procesamiento que abarcan la gestión de conocimientos en sistemas inteligentes, la automatización de procesos empresariales y la creación de extensas redes de sistemas sociales, físicos y organizacionales. En este trabajo, se examinan estas tecnologías, sus tendencias y sus usos en un sector de la sociedad de particular interés académico: la educación. El estudio parte de considerar a las TIC desde diferentes puntos de vista, para proponer, luego, con el apoyo de la Ontología y la Teoría de Sistemas, una nueva definición en función de la habilidad que estas tecnologías tienen para integrar datos, información, conocimiento y acciones. La educación universitaria, particularmente la docencia, nos sirve de contexto para ilustrar la aplicabilidad de estas tecnologías e identificar aquellas que han de ocasionar un impacto aún mayor, en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en los años venideros.

**Palabras claves:** Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), Educación mediada por la tecnología, Sistemas de Información, Ingeniería del Software.

## Introducción

El 28 de julio de 1985, el escritor e intelectual venezolano Arturo Uslar Pietri publicó un artículo, en la página editorial del diario El Nacional, titulado “El poder supremo”. En este artículo, Uslar Pietri afirmaba:

*Lo que va a contar para determinar el poder verdadero de una nación ya no será más ni la población, ni los recursos naturales, ni siquiera el número de divisiones o de proyectiles balísticos, sino la supremacía en el manejo y la producción de información, porque de ello dependerán directamente todas las otras modalidades de predominio económico, militar y político. Literalmente, quien domine la información dominará el mundo (Uslar Pietri, 1985)*

Para el momento en que Uslar Pietri escribe ese artículo, la Internet, el correo electrónico y el computador personal no eran tecnologías ubicuas y tecnologías como la Web, los celulares y las redes sociales, que generan el mayor volumen de datos, aún no se habían inventado.

La visión futurista de Uslar Pietri, acerca de la influencia que habría de desempeñar la información en la sociedad, fue, aún, más allá al establecer una estrecha relación entre la información, los datos, el conocimiento y la acción. En ese mismo artículo, Uslar Pietri discurre sobre esta relación de la manera siguiente:

*La **información** gobierna la existencia del individuo, de la sociedad y del Estado. Conocer, o mejor dicho “**conocer más pronto**” significa poder económico, cultural y político...*

*El poder del mundo no se va a concentrar en las bóvedas de los bancos, como fue en la remota edad del Patrón de Oro, sino en*

*asépticos y casi despersonalizados “bancos de datos” que ponen a la disposición de quien los tenga la más formidable arma de influencia, acción y dominio (Uslar Pietri, 1985; el remarcado es mío).*

Desde los años setenta, las tecnologías de información y comunicación, o simplemente TIC por sus siglas en español, han sido los principales agentes de cambio, causantes de una de las mayores transformaciones sociales que el hombre haya vivido a lo largo de la historia. Es difícil encontrar un sector de la sociedad en el que las TIC no hayan tenido un impacto significativo. Como muestra, basta considerar el sector educativo, para apreciar los cambios estructurales y funcionales que estas tecnologías han ocasionado en escasos cincuenta años.

Las estadísticas de uso de las TIC corroboran, también, el carácter ubicuo que ellas tienen actualmente. Tomemos, como principales estereotipos de estas tecnologías, a la Internet, las redes sociales y los teléfonos inteligentes y observemos cómo el uso de ellas se difunde de manera acelerada.

- Un estudio realizado a comienzos del 2016, por la empresa de telefonía Ericsson, encontró que el número de personas propietarias de teléfonos inteligentes, con suscripción de servicios a Internet, había alcanzado la cifra de 3.400 millones, a nivel mundial. Esto significa que el 46 % de la población mundial poseía, para esa fecha, un teléfono inteligente. Se estima que, para el 2020, esta cifra exceda el 70% (Ericsson, 2016).
- Otro estudio realizado, a finales del 2015, por el Centro de Investigaciones Pew, con sede en Washington, encontró que la mediana global de uso de Internet, a través de teléfonos inteligentes, se ubicaba en el 76 %.
- De acuerdo a este mismo estudio, Latinoamérica ocupaba el segundo lugar en uso de redes sociales, a través de teléfonos inteligentes, con una mediana de uso del 82 % (Pew Research Center, 2016).

Las TIC resultan de la convergencia de tres disciplinas: Computación, Informática y Telecomunicación. En sus inicios, Computación e Informática se encargaron del estudio del procesamiento digital de datos; mientras que, la Telecomunicación asumió el estudio de la transmisión analógica de datos por medios electrónicos. La creación del modem, ocurrida a finales de los años setenta, puede considerarse como el momento inicial de esta convergencia. Este conocido dispositivo electrónico sustituyó la antigua tecnología de transmisión analógica de datos por una nueva basada en el procesamiento digital de señales. En la actualidad, la relación *triádica* que existe, entre estas disciplinas, es tan estrecha que es casi imposible atribuirle la creación de una nueva tecnología a una sola de ellas.

Además de asumir el estudio integrado del procesamiento y la comunicación de datos, la unión de estas tres disciplinas incorporó el procesamiento de otras formas más complejas de estructuras simbólicas, como lo son el conocimiento y las acciones que el ser humano ejecuta por naturaleza. La Robótica es un buen ejemplo de este tipo de integración. En esta compleja tecnología, se conjuga el procesamiento de cuatro estructuras simbólicas diferentes, pero estrechamente relacionadas: datos, información, conocimiento y acción.

Nos proponemos, en este trabajo, contribuir al esclarecimiento de las relaciones que existen entre los datos, la información, el conocimiento y la acción, desde la perspectiva del procesamiento digital, y dar respuesta a las siguientes interrogantes: ¿qué son las TIC? ¿Cuáles son sus elementos fundamentales? ¿Qué estructuras tienen? ¿Cómo funcionan internamente? ¿Cómo estos cuatro elementos se procesan de manera automática? La educación universitaria nos servirá de contexto para ilustrar la aplicabilidad de estas tecnologías e identificar aquellas que tendrán un impacto mayor en los procesos de enseñanza y aprendizaje durante los próximos años.

Para responder estas interrogantes, hemos acudido al auxilio de la Ontología y la Teoría de Sistemas; con la intención, además, de desentrañar la enigmática complejidad que estas tecnologías tienen y hacer más visible y comprensible su estructura y funcionalidad. El principal resultado de este trabajo es un modelo conceptual, al que hemos denominado

**ciclo informático.** Este modelo explica los procesos de transformación que relacionan a la información con los datos, el conocimiento y las acciones. Su utilidad práctica está en servir de marco de referencia para comprender, comparar y clasificar a las TIC. A partir de este modelo, y mediante la aplicación de un enfoque sistémico, se elaboró el concepto de **sistema informático** como una nueva manera de ver a las tecnologías de información y comunicación y de unificar la diversidad de definiciones dadas en la literatura del área; la mayoría de las cuales han sido recopiladas en el diseminador de conocimientos IGI Global (2017).

## 1 Las TIC vistas desde diferentes perspectivas

El término “tecnología de información y comunicación” se ha venido usando desde los años 80 para identificar a un conjunto de tecnologías que emergen de la integración de los computadores y las telecomunicaciones<sup>1</sup>. Como consecuencia de esta integración, estas tecnologías proveen capacidades de procesamiento de información y de transmisión de esa información a través de redes de telecomunicación, tales como Internet, telefonía celular y redes inalámbricas.

En la actualidad, este término tiene acepciones diferentes que dependen de los puntos de vista que se asuman para definirlo. A continuación, analizaremos tres de estos puntos de vista que nos ayudarán a identificar las propiedades fundamentales de las TIC:

1. El punto de vista del **académico** que enseña los fundamentos de estas tecnologías e investiga sobre ellas. Concibe, por lo tanto, a las TIC como una disciplina o área de conocimientos.
2. El punto de vista del **ingeniero** que diseña y produce estas tecnologías y las aplica en la solución de problemas del mundo real. Ve, por consiguiente, a las TIC como un proceso tecnológico guiado por la ingeniería.
3. Finalmente, el punto de vista del **usuario individual o colectivo** que utiliza estas tecnologías para llevar a cabo una gran diversidad de actividades. Considera, en

consecuencia, a las TIC como productos o servicios que satisfacen sus necesidades de información y comunicación.

## 1.1 Las TIC vistas como disciplina

Desde la perspectiva académica, la Tecnología de la Información y la Comunicación se define como “*un área de conocimientos relacionada con **tecnologías** y otros aspectos del manejo y procesamiento de información*” (IGI Gobal, 2017). La palabra “tecnología” viene de la unión del término en griego *tekhné*, cuyo significado es técnica u oficio, y del término *logos* que significa estudio, discurso o tratado. El objeto de estudio de esta disciplina es la información, su comunicación y su procesamiento. Es una disciplina que emerge de la integración de otras ya establecidas, como lo son: la Computación, la Informática y la Telecomunicación.

Comúnmente, Computación e Informática son vistas como una misma disciplina. Existe, sin embargo, diferencias importantes entre ellas que conviene aclarar, en aras de caracterizar apropiadamente a las TIC como disciplina y encontrar su relación con las arriba señaladas.

La traducción al español de la palabra “informática” proviene de la palabra francesa *informatique*, un acrónimo formado por la unión de las palabras *information* y *automatique*. Se le atribuye al ingeniero francés Phillipe Dreyfus, profesor de la Universidad de Harvard, el haber acuñado, en 1962, esta palabra para darle nombre a la Sociedad de Informática Aplicada<sup>2</sup>. Las traducciones de este término pronto aparecieron en distintas lenguas, particularmente, en Europa.

En Estados Unidos, un hecho de carácter legal impidió que la palabra inglesa equivalente, *informatics*, tuviese la misma difusión y uso que en Europa. Ese mismo año (1962), el empresario Walter Bauer registró, en Estados Unidos, una empresa con el nombre de *Informatics General, Inc.* Ello obligó a que muchas universidades y asociaciones profesionales norteamericanas optaran por el empleo, en inglés, de palabras alternativas

con significado similar, tales como: *Information Science* (Ciencia de la Información), *Computing* (Computación) o *Computer Science* (Ciencia de la Computación).

Por muchos años, ambos vocablos – “informática” y “computación” - fueron usados indistintamente. Los países de habla inglesa privilegiaron el uso de los términos en inglés equivalentes a computación y ciencia de los computadores; mientras que, los países de habla hispana prefirieron utilizar el vocablo informática.

En la actualidad, existen diferencias importantes entre la Informática y la Computación, particularmente, desde los puntos de vista académico y profesional. Aunque ambas se encargan del procesamiento automático de la información, sus objetos de estudio difieren. La Informática se centra en la información y su procesamiento automatizado; mientras que, la Computación se concentra en el computador como procesador de información. Estas diferencias se aprecian mejor en las dos definiciones que se dan a continuación.

La Escuela de Informática de la Universidad de Edimburgo define a la Informática como sigue:

*"El estudio de la estructura, el comportamiento y las interacciones de los sistemas computacionales naturales y construidos por el hombre. El foco central de la Informática es la transformación de información – bien mediante computación o comunicación, bien por organismos o artefactos"* (University of Edinburgh, 2017).

Esta definición considera, no solamente a los sistemas hechos por el hombre, sino también, al ser humano como un sistema natural capaz de realizar cálculos complejos a través de procesos cognitivos. La Informática estudia los procesos de representación, procesamiento y comunicación de información usando, bien el cerebro en seres humanos, o el computador en sistemas artificiales. La Ciencia Cognitiva y la Inteligencia Artificial son disciplinas que, bajo esta definición, tienden a ubicarse en la Informática.

Por otra parte, la Computación la definen, de manera conjunta, tres de las asociaciones profesionales de mayor prestigio mundial: la Sociedad de Computación del Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE-CS), la Asociación de Maquinarias de Computación (ACM) y la Asociación para Sistemas de Información (AIS). Esta definición, publicada en el año 2006 en un documento titulado Currículo de la Computación, establece lo siguiente:

*"De manera general, definimos la Computación como cualquier actividad orientada a objetivos que requiere, se beneficia de o crea computadores. Por consiguiente, la computación incluye: [1] diseñar y construir hardware y sistemas de software para un amplio rango de propósitos; [2] procesar, estructurar y manejar varias clases de información; [3] hacer estudios científicos usando computadores; [4] hacer sistemas computacionales que actúen inteligentemente; [5] crear y utilizar medios de comunicación y entretenimiento; [6] encontrar y obtener información relevante a cualquier propósito particular, etcétera. La lista es virtualmente ilimitada y las posibilidades son vastas"*

(ACM/IEEE, 2006. La enumeración es mía).

Estas tres organizaciones reconocieron el crecimiento vertiginoso de la Computación y la amplia variedad de tecnologías y programas académicos, que bajo nombres y propósitos diferentes, se fueron creando bajo el amparo de la Computación. Ante la imposibilidad de aglutinar estos programas en un único currículo para una única disciplina, estas organizaciones redefinen la Computación como un área de conocimiento compuesta por cinco campos de estudio o sub-disciplinas de propósitos diversos; pero, con un elemento común: el computador. Las relaciones de dependencia entre estas disciplinas y su vínculo con la ciencia, la ingeniería y la tecnología las podemos apreciar en la Fig. 1.

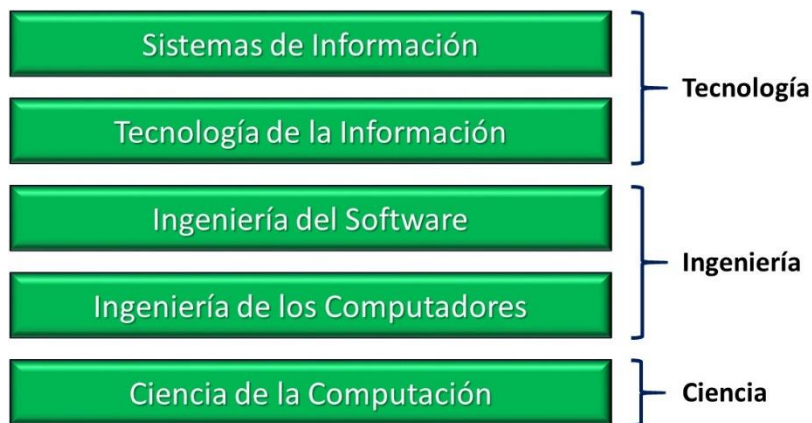


Figura 1. Las disciplinas de la Computación

Concierno a la **Ciencia de la Computación** el estudio de los fundamentos teóricos de la Computación; esto es: los algoritmos, las estructuras simbólicas de representación y procesamiento de datos y los lenguajes formales necesarios para implementar los algoritmos en un computador.

La **Ingeniería de los Computadores**<sup>3</sup> y la **Ingeniería del Software**<sup>4</sup> estudian los componentes físicos y abstractos del computador; esto es: el hardware y el software, respectivamente. Ambas se apoyan en la Ciencia de la Computación y en otras ciencias, como la Matemática, la Física, la Economía y la Gerencia, las cuales proveen las bases conceptuales y teóricas que sirven de fundamento a los procesos de la Ingeniería encargados de la innovación, diseño y construcción de tecnologías.

Finalmente, la **Tecnología de la Información**<sup>5</sup> y los **Sistemas de Información**<sup>6</sup> asumen el desarrollo y operación de las aplicaciones y la gestión de los productos o tecnologías que los ingenieros de hardware y software crean. Sus áreas de influencia son los individuos y las organizaciones que hacen uso de estas tecnologías.

Como puede deducirse de estas definiciones, la Informática estudia la información y su procesamiento mediante computadores y redes de comunicación; así como a la aplicación individual, organizacional y social de las TIC. Mientras que, la Computación se enfoca en los sistemas computacionales que procesan y comunican datos e información.

La Tecnología de Información y los Sistemas de Información son sub-disciplinas de mayor interés para la Informática; mientras que, la Ciencia de la Computación y las Ingenierías de Hardware y Software lo son para la Computación.

## 1.2 La TIC como proceso de la ingeniería

La manera como los ingenieros y tecnólogos conciben a las TIC tiene que ver con los procesos que ellos aplican para producir estas tecnologías. Tales procesos se fundamentan en principios, modelos y métodos propios de la ingeniería. Los cuales, a su vez, se basan en las ciencias, especialmente, en la Ciencia de la Computación y la Gerencia (ver Fig. 2). Esta última, por ejemplo, proporciona a los ingenieros los métodos y técnicas de gestión de proyectos necesarios para manejar las variables de costo, tiempo, alcance y calidad; variables cuyo control marcan una diferencia importante entre la ingeniería y la ciencia.

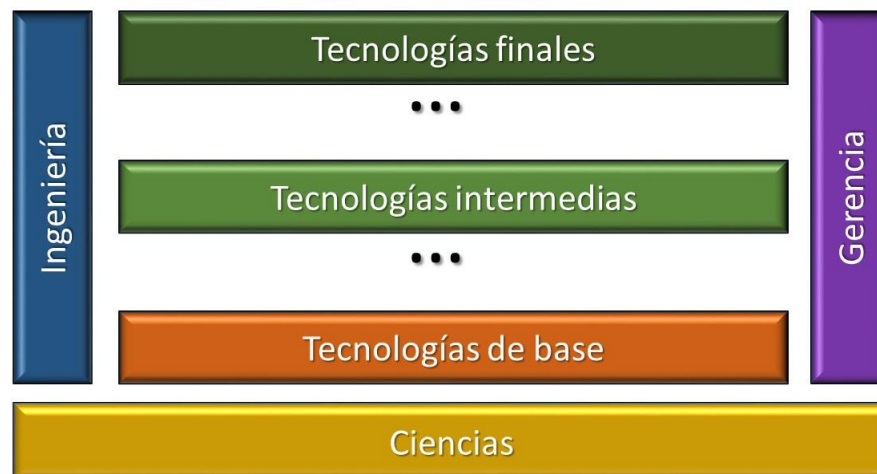


Figura 2. Las TIC y sus relaciones con la ciencia, la ingeniería y la gerencia

El proceso de desarrollo de tecnologías de información y comunicación es complejo. Su complejidad está determinada, en primer lugar, por la estructura interna y la funcionalidad que tienen estas tecnologías. Dicha estructura relaciona objetos físicos y abstractos disímiles que se interconectan e interactúan, de diversas maneras, creando una red de componentes cuyo comportamiento, si bien es predefinido, no deja de ser complejo.

El segundo aspecto que determina la complejidad del proceso es el gran número de variables y factores que los ingenieros deben manejar o controlar. Las necesidades que tienen los usuarios potenciales, los requisitos que el producto tecnológico debe satisfacer, el costo de los recursos que se requieren para producirlo, el tiempo de producción, el alcance de la solución, la calidad y los riesgos son solo algunas de las variables que ameritan un control permanente durante el proceso tecnológico. A ello se une, un extenso conjunto de factores determinantes del éxito del proceso, tales como: el ambiente productivo; la disponibilidad de recursos económicos, humanos y tecnológicos; los métodos y técnicas utilizadas; las competencias del personal que ejecuta las actividades del proceso, etc.

¿Cómo manejar tal complejidad? La respuesta está en la aplicación del proceso de la ingeniería, su articulación con el proceso gerencial y la aplicación de enfoques y métodos apropiados para el manejo de la complejidad (p.ej. los enfoques y métodos de la Ingeniería de Sistemas).

El proceso de ingeniería describe las actividades mediante las cuales el ingeniero transforma necesidades u oportunidades en soluciones tecnológicas, que resuelven problemas de información y comunicación. Por su parte, el proceso gerencial se encarga de planificar, organizar, dirigir y controlar la ejecución de las actividades técnicas, con la finalidad de asegurar que la solución tecnológica se produzca a tiempo, dentro de un presupuesto de gastos preestablecido y con una calidad que satisfaga las necesidades y requisitos de sus usuarios.

El proceso tradicional de la ingeniería tiene un carácter estrictamente secuencial y se ejecuta a través de las conocidas fases de análisis, diseño, construcción, pruebas y entrega de soluciones (Jensen y Tonies, 1979).

En el caso particular de las TIC, este proceso ha evolucionado hacia una estructura cíclica o iterativa que entrelaza las actividades técnicas y las de gestión, de la manera señalada en la Fig. 3. El carácter evolutivo del proceso incentiva la creatividad, la innovación y la invención; actividades que son inmanentes al proceso ingenieril.

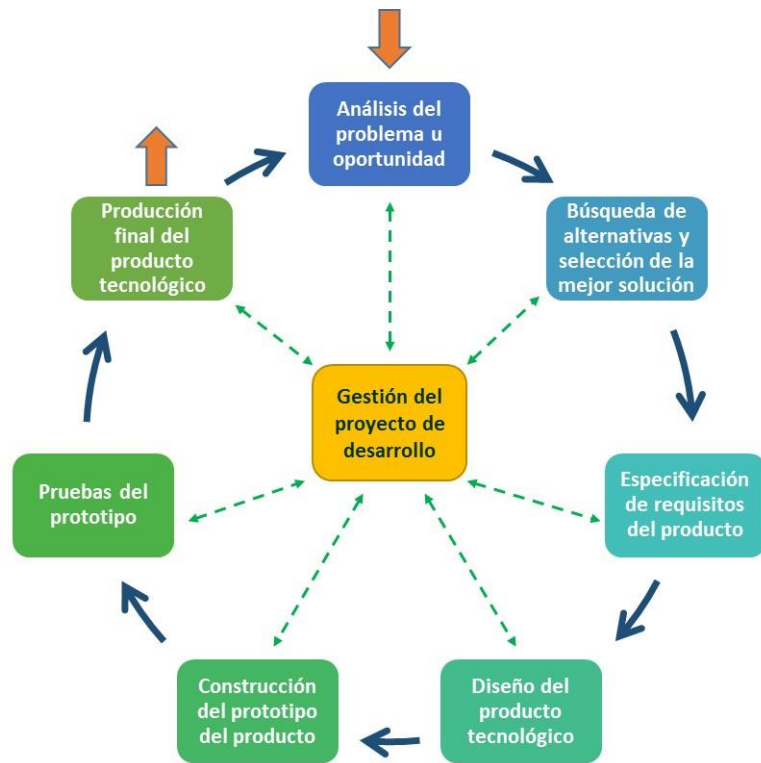


Figura 3. El proceso de desarrollo de tecnologías de información y comunicación <sup>7</sup>

La necesidad de manejar la complejidad del proceso de desarrollo de las TIC ha dado origen a una amplia variedad de métodos, enfoques y técnicas que es poco usual en otras disciplinas. La agilidad y la disciplina son dos corrientes antagónicas que compiten por el estudio de los aspectos metodológicos del desarrollo de las TIC. A la búsqueda de un punto medio entre estas dos corrientes, hemos dedicado nuestro esfuerzo de investigación de los últimos diez años. Su producto principal es una suite de métodos, que hemos denominado WATCH, debido la metáfora que emplea (el reloj de pulsera). El modelo de la Fig. 3 es parte de la base funcional de estos métodos descritos en (Montilva, et al, 2015; Barrios y Montilva, 2013).

Las TIC, al igual que otras tecnologías como la automotriz o la electrónica, se diseñan y construyen mediante procesos de innovación que involucran, por lo general, la integración estructural y funcional de otras tecnologías. Cada nueva tecnología emerge de la integración e interacción de componentes tecnológicos existentes con nuevos

componentes creados para satisfacer los requisitos que el uso esperado impone a la tecnología. Por ejemplo, los sistemas de seguridad para el hogar resultan de la integración de varias tecnologías digitales existentes. Un conjunto de sensores, alarmas y cámaras digitales se conectan a un computador especializado, conocido como DVR (*Digital Video Recorder*), el cual recibe las señales o imágenes, las almacena, las transmite a una computadora, a través de Internet, y las visualiza en uno o más monitores o televisores digitales.

Cuatro de las estrategias de integración que, con mayor frecuencia, emplean los ingenieros de hardware y software para diseñar y construir una nueva tecnología son: la transferencia, la conexión, la extensión y la combinación. En la integración por transferencia, el ingeniero toma prestado conceptos, modelos o prácticas de una determinada disciplina, los adapta y los aplica en la generación de nuevos productos. En la integración por conexión, la nueva tecnología se crea a través de mecanismos de interoperabilidad o de conectividad entre dos o más componentes tecnológicos existentes. La integración por extensión procede mediante la ampliación de la estructura o la funcionalidad de la tecnología de base. Por último, la estrategia de integración por combinación genera una nueva tecnología mediante la mezcla sistemática y racional de conceptos, modelos, métodos, técnicas y prácticas provenientes de dos disciplinas de base.

### **1.3 Las TIC como productos**

Examinemos, ahora, a las TIC desde la perspectiva de uso. Vistas como productos, las TIC abarcan una amplia variedad de tecnologías de muy diversa índole y propósito, incluyendo: teléfonos inteligentes, asistentes personales, controladores automáticos, aplicaciones móviles, sistemas de localización, sistemas de aprendizaje, microprocesadores embebidos en otros artefactos electro-mecánicos, etc. Todas ellas tienen propiedades comunes que las distinguen de otros productos tecnológicos. Por ejemplo, todas procesan de manera automática datos para convertirlos en información útil para alguien, o para algo, que hace uso del producto. De igual manera, todas están

compuestas de elementos físicos (hardware) y abstractos (software) que se encargan de las transformaciones necesarias entre datos, información, conocimiento y acciones.

La manera de ver a las TIC como productos que son utilizados, bien por seres humanos o por otros sistemas creados por el hombre, es la más común de las tres perspectivas estudiadas. El uso que se le da a una tecnología determina una cualidad importante de ella: su intencionalidad. Las TIC son usadas por algo o alguien con la finalidad de alcanzar un determinado objetivo; por ejemplo, satisfacer una necesidad, resolver un problema, aprender, entretener, etc.

En función del uso podemos distinguir cinco elementos estrechamente relacionados: el **sujeto** que usa el producto tecnológico; el **objetivo** que el sujeto persigue con el uso; el **ambiente** donde éste producto se usa; las **funciones** que el producto presta al sujeto que lo usa; y los **objetos** que el producto procesa o transforma.

En relación al sujeto que usa el producto, o usuario como se le denomina en la terminología informática, distinguimos dos tipos: por un lado, personas que utilizan el producto y, por el otro, sistemas creados por el hombre que embeben el producto o, simplemente, lo incorporan como uno de sus subsistemas. Por ejemplo, los vehículos *autodirigidos* y los vehículos de los últimos años incluyen entre 10 y 100 microprocesadores dedicados, cuyas funciones van desde el control de los frenos hasta el encendido automático a distancia.

El ambiente se refiere al alcance o espacio dentro del cual el producto se usa; este alcance puede ser individual, organizacional o social.

Las funciones se relacionan con los servicios que el producto presta al sujeto y, a través de los cuales, el sujeto logra la consecución de sus objetivos de uso. Estas funciones guardan, también, relación con los procesos de transformación de datos, información y conocimiento que el producto TIC realiza en apoyo a las actividades de uso.

La perspectiva de uso de las TIC la podemos apreciar, en mayor extensión, mediante un breve análisis de la aplicación de estas tecnologías en el contexto educativo universitario, concretamente, en los procesos de enseñanza y aprendizaje, que describimos seguidamente.

### 1.3.1 Las TIC en la educación universitaria

El uso de las TIC, como medios de apoyo a la educación, ha causado cambios sustanciales en las modalidades, enfoques y métodos de enseñanza y aprendizaje. Modalidades tales como el aprendizaje en línea (*e-Learning*), aprendizaje híbrido (*b-Learning*) y aprendizaje móvil (*m-Learning*) se están aplicando de manera cotidiana en un número creciente de universidades a escala mundial. Así mismo, enfoques y métodos tradicionales, basados en el aprendizaje meramente cognitivo, están evolucionado hacia uno basado en valores, el saber-hacer y el trabajo colaborativo o en equipo.

El perfil que tiene la mayoría de estudiantes, que ingresan al mundo universitario, es también un factor que obliga a la evolución de los métodos de enseñanza. Estos estudiantes tienen un dominio de las TIC de un nivel más avanzado que sus profesores y antecesores; han nacido y crecido en un mundo dominado por las tecnologías. Forman parte de la Generación Z o de los "nativos digitales", como los denomina el escritor norteamericano Mark Prensky (2010). Su proceso de aprendizaje está altamente influenciado por estas tecnologías, Las usan continuamente para buscar información y aprender de inmediato todo aquello que necesitan aprender en un determinado momento y en una situación que así lo amerite. El aprendizaje es ahora una actividad a tiempo real, es cotidiana y trasciende los muros de las instituciones académicas. Ya no se requiere acudir a una biblioteca para buscar una determinada obra, ni adquirir libros impresos para obtener la información que se necesita; pues, esta información está a un *click* de distancia en el teléfono inteligente, la tableta o el PC.

Las TIC han facilitado, también, la creación de espacios de enseñanza y aprendizaje mucho más dinámicos, participativos e interactivos que la clase tradicional. Un ejemplo de estos espacios es el **aula invertida**; basada en una estrategia de aprendizaje en la

cual, se invierten la clase tradicional y las tareas fuera del aula. El docente graba previamente las lecciones y las publica en Internet para que sean vistas por los estudiantes en su hogar o fuera de clase; mientras que, las tareas se realizan en el aula, en equipo y bajo la supervisión y orientación del docente. Estos espacios se prestan para promover la innovación y el emprendimiento; procesos humanos que son, ahora, mucho más importantes y necesarios que la simple memorización de conocimientos.

Nos preguntamos, ahora, ¿cuáles de estas tecnologías serán los principales agentes de cambio de la docencia universitaria? ¿Cuáles facilitarán la formación de los profesionales que la nueva sociedad de la innovación y emprendimiento requiere? Desde la perspectiva de uso en el proceso docente, existe un conjunto de tecnologías de información y comunicación que ya están causando cambios trascendentales en la educación universitaria. Estas son, en opinión del autor, las siguientes:

1. **Los sistemas de gestión de aprendizaje.** Conocidos como LMS (*Learning Management Systems*) son sistemas a través de los cuales se crean, administran y dictan cursos en línea. MOODLE, TalentLMS y NEO LMS son algunos de los más representativos. Estos sistemas facilitan la aplicación de estrategias como el aula invertida y la creación de redes globales de aprendizaje.
2. **Los sistemas de videoconferencia.** Usados en conjunto con los sistemas de gestión de aprendizaje crean espacios virtuales que reemplazan los ambientes físicos tradicionales y proveen una alternativa a la interacción directa profesor-estudiante.
3. **Las redes sociales.** Twitter, Facebook y WhatsApp, en particular, son tecnologías que crean espacios y comunidades virtuales de aprendizaje y colaboración. Aunque ellas no sustituyen las bondades de la interacción directa entre docentes y estudiantes, constituyen medios alternativos de interacción y socialización de alcance global.
4. **La nube y grandes datos (Big Data).** La nube es un conjunto de servicios, que ofrecen muchas empresas de tecnología a través de Internet, relacionados con el almacenamiento de datos, procesamiento distribuido e infraestructura tecnológica.

Estos servicios pueden liberar a nuestras universidades de la pesada carga económica y del gran esfuerzo humano que implica adquirir y operar localmente su propia infraestructura computacional. La nube facilita, también, el acceso en línea a grandes volúmenes de datos e información, tales como libros, revistas y recursos educativos multimedia. A partir del uso de la tecnología de grandes datos (*Big Data*) es, ahora, posible acceder y analizar, en segundos, volúmenes de datos distribuidos globalmente que superan un *petabyte* ( $10^{15}$  bytes o un millón de gigabytes); esto es, el equivalente a dos veces la información contenida en la Librería del Congreso de Estados Unidos

5. **Los robots y la realidad virtual.** Muchas de las actividades de laboratorio pueden realizarse con el apoyo de robots y simularse en ambientes virtuales creados con el auxilio de la realidad virtual.
6. **El teléfono inteligente.** Es el dispositivo electrónico de mayor uso por parte de estudiantes y docentes. Es, también, la tecnología de base sobre la cual se pueden utilizar las tecnologías anteriores y, posiblemente, las que emerjan en los próximos años. Este pequeño dispositivo tiene la capacidad y la funcionalidad necesaria para que su usuario cree sus propios entornos personales de aprendizaje o PLE, como se le conoce por sus siglas en inglés (*Personal Learning Environment*).

## 2 Los objetos de procesamiento de las TIC

En las secciones anteriores, hemos hecho uso de los términos “datos”, “información”, “conocimiento” y “acción”, sin haber establecido una clara distinción entre ellos. Se hace, ahora, necesario dar sus definiciones, determinar sus relaciones y establecer sus diferencias. Los objetos, que estos términos designan, se caracterizan por su naturaleza ideal; son, por consiguiente, inmateriales, intangibles, no temporales y no espaciales. Son propios de la mente humana y se manifiestan a través de sistemas de signos o lenguajes que facilitan su representación y comunicación.

Al igual que en el ser humano, el procesamiento de estos objetos requiere que ellos se representen a través de lenguajes. El lenguaje natural resulta extremadamente complejo

para representar y procesar los cuatro objetos mencionados. Razón por la cual, se acude a lenguajes artificiales; tales como: los lenguajes de programación y los lenguajes de modelado. Estos lenguajes tienen un léxico, una sintaxis y una semántica mucho más simple y manipulable mediante computadores, como veremos seguidamente.

El concepto es el constructo o forma básica del conocimiento racional. Un concepto es el resultado de la aprehensión que un sujeto hace sobre un objeto que quiere conocer. El resultado de esta aprehensión es un conjunto de propiedades que el sujeto le atribuye al objeto. Por ejemplo, a una obra musical cualquiera, le podemos atribuir las siguientes propiedades estructurales: título de la obra, tipo de obra, secciones o movimientos, duración, etc. De igual manera, puede asociársele propiedades funcionales o acciones, tales como: la composición de la obra, su interpretación y su difusión.

Todo concepto se asocia a otros a través de relaciones que forman, en la mente del sujeto, una estructura conceptual. Esta estructura se representa mediante lenguajes de modelado gráfico de la manera ejemplificada en la Fig. 4.

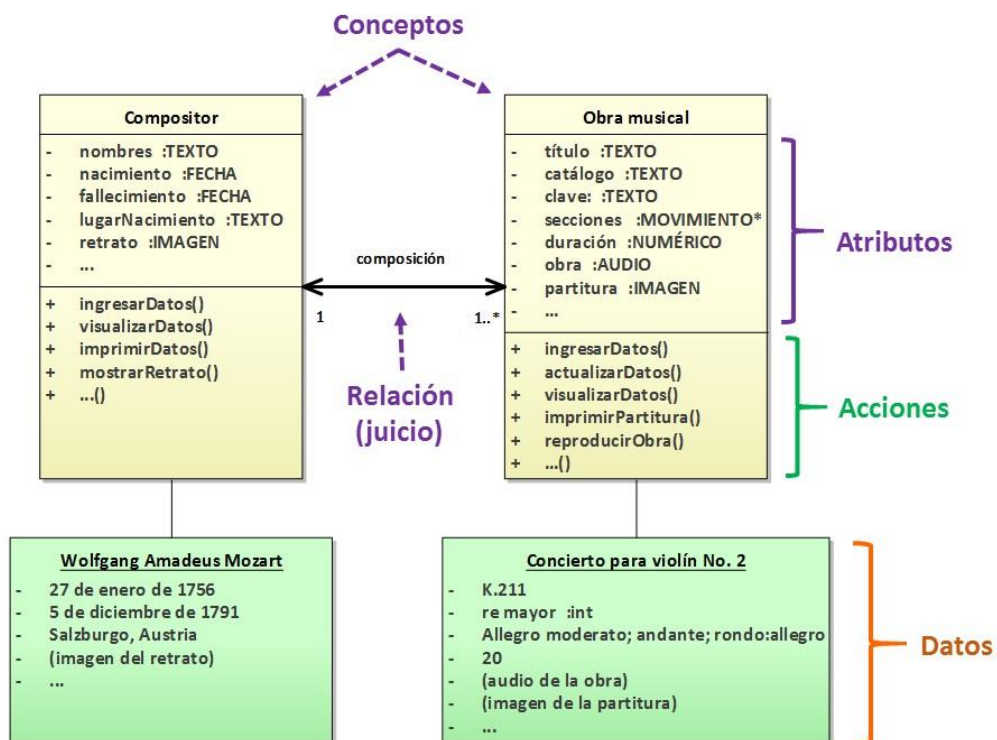


Figura 4. Representación gráfica de datos, conocimiento y acciones

Datos y conocimiento guardan, entre sí, una estrecha relación. Un dato es una representación simbólica del valor que tiene asociado, en un momento dado, un atributo de un concepto. Cada valor tiene asociado un tipo de dato, por ejemplo: numérico, alfabético, textual, gráfico, imagen, audio o video. En el ejemplo anterior, los datos que describen la obra “Concierto para violín No. 2” tienen la estructura definida por el concepto genérico denominado “Obra musical”. El conjunto de datos simboliza a un concepto referido a un objeto individual, en este caso, a la obra titulada Concierto para violín No. 2.

Las acciones que un objeto puede ejecutar determinan su comportamiento. Estas acciones son propiedades funcionales y se representan como operaciones que facilitan la manipulación de los datos en el computador. El audio de la obra “Concierto para violín No.2”, por ejemplo, se activa mediante la ejecución de la operación denominada “*reproducirObra*”.

Hemos dejado para el final de esta sección, la descripción de la información debido a que ella es el resultado del procesamiento de datos, conocimiento y acciones. La información se define como un conjunto de datos organizados o estructurados de tal manera que el sujeto pueda asociarle un significado al conjunto y a cada uno de sus elementos. El significado depende del lenguaje o los lenguajes usados para representar simbólicamente los datos. Una página Web, por ejemplo, es una estructura de visualización de datos ordenados de forma tal que el usuario pueda encontrar el significado que ellos expresan. La principal diferencia entre datos e información está, por lo tanto, en el significado que ellos aportan al usuario, el cual depende de la semántica del lenguaje empleado para representar los datos.

### **3 El ciclo informático**

Las TIC son, en su mayoría, tecnologías antropomórficas, como bien las denomina Ernesto Mays Vallenilla en su libro Fundamentos de la meta-técnica (2005). Estas

tecnologías extiende las capacidades del ser humano para procesar datos, información y conocimiento y llevar a cabo actividades que, sin el apoyo de estas tecnologías, serían imposibles de realizar. Pensemos, por un momento, en la manera en la que el teléfono inteligente y, en particular, las aplicaciones que ellos contienen han extendido las capacidades humanas de aprendizaje, comunicación, interacción y memorización, por mencionar solo algunas de ellas.

La interacción que se da entre ser humano y tecnología de información se ve con mayor claridad a través de un modelo conceptual que hemos denominado **ciclo informático**. Este modelo identifica y asocia, por un lado, los objetos que intervienen en la interacción humano-tecnología (Fig. 5) y, por el otro, los procesos o funciones que transforman estos objetos (Fig.6). Esta interacción se da en un ambiente en el cual el usuario persigue objetivos que espera lograr con el apoyo de una TIC.



Figura 5. Ciclo informático: Elementos que intervienen en el uso de un producto TIC

El **ciclo informático** es un intento por explicar cómo los seres humanos extendemos y potenciamos, con el auxilio de las TIC, nuestras capacidades cognitivas necesarias para ejecutar acciones. El ciclo se inicia con la intención del sujeto de alcanzar un objetivo. Para ello debe planificar como lograrlo; elabora, por lo tanto, un algoritmo o plan que describa las acciones que debe llevar a cabo para alcanzar dicho objetivo. La ejecución del plan amerita la búsqueda previa de datos, que han de ser, luego, procesados para generar la información que el sujeto requiere. La interpretación o análisis de la información obtenida incrementa el conocimiento que el sujeto requiere para, finalmente, actuar y lograr el objetivo trazado al inicio. El ciclo se repite indefinidamente; pues, el logro de un objetivo acarrea la formulación de uno nuevo.

Las actividades que el sujeto realiza, usando las tecnologías de información, se apoyan en un conjunto de funciones o procesos de transformación de los objetos que intervienen en la consecución de sus objetivos. La Fig. 10 identifica y relaciona estos procesos.



Figura 6. Ciclo informático: Los procesos de transformación

Las tecnologías existentes varían en función del grado en que ellas automatizan los procesos de transformación. Las tecnologías tradicionales automatizan los procesos III, IV y V identificados en la Fig. 6; mientras que, tecnologías más recientes, basadas en la

Inteligencia Artificial y la Robótica, pueden llegar a automatizar la totalidad de las actividades y procesos del ciclo informático.

En función de los objetos de transformación y del procesamiento asociado a estos objetos, podemos clasificar las TIC en seis tipos o clases de tecnologías. Estas clases se agrupan, a su vez, en tres categorías asociadas a la evolución tecnológica, tal como, lo podemos apreciar en el diagrama de bloques mostrado en la Fig. 7.

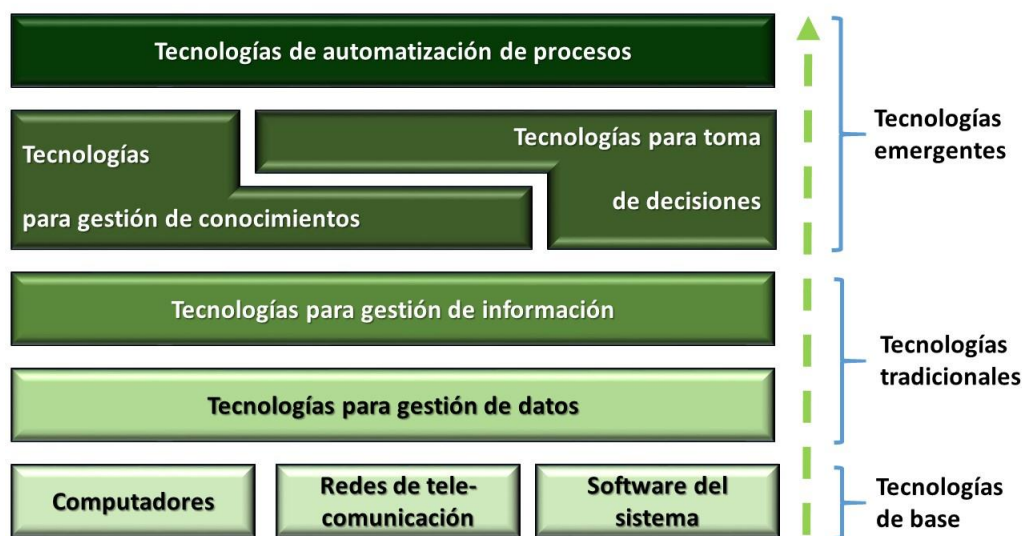


Figura 7. Clasificación de las TIC en función de los objetos de transformación y de la evolución tecnológica

Los computadores, las redes de telecomunicación y el software del sistema constituyen las tecnologías de base, a partir de las cuales se construyen las tecnologías tradicionales; esto es, las tecnologías de gestión de datos y de gestión de información. Sobre las tecnologías tradicionales se construyen tecnologías más recientes o emergentes que gestionan conocimiento, apoyan la toma de decisiones o automatizan procesos; por ejemplo, sistemas inteligentes, aplicaciones de análisis de datos e inteligencia de negocio, robots, sistemas auto-dirigidos, asistentes inteligentes, etc.

El anexo 1 presenta una clasificación referencial, no exhaustiva y actual de las tecnologías de información y comunicación de mayor uso.

## 4 Los sistemas informáticos

En las secciones anteriores describimos, de manera informal, a las TIC. Ello lo hicimos a través de tres perspectivas diferentes y mediante la caracterización de los objetos que estas tecnologías procesan. Trataremos, ahora, de establecer una definición más precisa de las TIC que identifique sus propiedades genéricas y de respuesta a algunas interrogantes que están aún pendientes, tales como: ¿Cuál es la estructura general de estas tecnologías? ¿Cuáles son sus componentes principales? ¿Cómo estos componentes se relacionan? ¿Cómo estas tecnologías llevan a cabo sus funciones?

Para establecer la definición y responder a estas interrogantes, nos hemos apoyado en la Teoría de Sistemas para construir un **marco conceptual**, el cual nos ha ayudado a identificar las propiedades estructurales y funcionales que caracterizan a las TIC como sistemas tecnológicos. Este marco conceptual tiene dos componentes: la noción de **sistema informático** y el **ciclo informático** que discutimos, anteriormente, en la sección 3. El primero identifica y describe las propiedades que toda TIC posee; mientras que, el segundo establece las relaciones entre los elementos que una TIC es capaz de procesar de manera automática, esto es: datos, información, conocimiento y acción.

### 4.1 El concepto de sistema informático

La teoría de sistemas nos permite ver y describir a cualquier objeto físico o abstracto, del mundo que nos rodea, como un conjunto de elementos o partes, de cualquier tipo, que interactúan y cuya interacción determina las características fundamentales del objeto bajo estudio. Russell Ackoff, uno de los pioneros del pensamiento sistémico, resume estas características de la manera siguiente:

1. *Las propiedades y comportamiento de cada elemento [de un sistema] tienen un efecto sobre las propiedades y comportamiento del conjunto visto como un todo. Por ejemplo, cada órgano del cuerpo de un animal afecta su rendimiento general.*

2. *Las propiedades y comportamiento de cada elemento, y la manera como ellas afectan el todo, dependen de las propiedades y comportamiento de al menos uno de los elementos del conjunto... Por ejemplo, el comportamiento del corazón, y el efecto que este tiene sobre el cuerpo, depende del comportamiento de los pulmones.*
3. *Cada posible subgrupo de elementos del conjunto tiene las dos propiedades anteriores. Por lo tanto, el todo no puede ser descompuesto en subconjuntos independientes (Ackoff, 1974).*

Todo sistema es, por consiguiente, mucho más que la suma de sus partes o elementos constituyentes. De la interacción entre estas partes surge una propiedad del todo conocida como la propiedad emergente. Así, por ejemplo, las partes de un computador colocadas separadamente sobre una mesa, no constituyen un computador. Es solo a través de la interconexión física e interacción lógica, de estas partes, que el computador puede exhibir su comportamiento y función principal, esto es, procesar símbolos.

Vista como un sistema, una TIC está compuesta de partes físicas y abstractas que interactúan para transformar datos en información útil a quien la utiliza, bien para conocer, decidir y/o actuar. A este tipo de sistema, se le denomina **sistema informático** y posee, además de las propiedades ya mencionadas, las siguientes:

1. **Es abierto.** Interactúa con su entorno o ambiente de varias maneras. Por un lado, interactúa con el usuario, bien sea una persona o una máquina, y por el otro, toma datos o símbolos que representan a los objetos del ambiente, los transforma en resultados y los comunica al usuario.
2. **Persigue objetivos pre-establecidos.** Una TIC es un sistema creado por el hombre para cumplir objetivos definidos de antemano que determinan su funcionalidad, su comportamiento y su utilidad. Es por lo tanto, un sistema teleológico, es decir, un sistema cuyo comportamiento muestra un propósito o fin predeterminado (Ponce, 1978).

3. **Exhibe un comportamiento controlado.** El término “comportamiento” es usado, en este caso, en el sentido que los padres de la Cibernética, Arturo Rosenblueth y Norbert Wiener, le dieron en 1950 a los mecanismos automáticos de comunicación y control, como sistemas capaces de regular o controlar su comportamiento. Esta capacidad puede ser interna o externa. En el primer caso, el mecanismo de control está embebido en los programas del sistema; mientras que, en el segundo, el usuario actúa como controlador del comportamiento del sistema.
4. **Ejecuta un conjunto de funciones diseñadas e implementadas anticipadamente.** Para lograr sus objetivos, un sistema informático ejecuta un conjunto de funciones que han sido previamente diseñadas e implementadas lógicamente y/o físicamente. La ejecución de estas funciones producen resultados que contribuyen a la consecución de los objetivos. Un sistema informático es, por lo tanto, el producto de una realización técnica, entendida de la manera en que Miguel Quintanilla, en su tratado sobre la filosofía de la tecnología, la define; esto es, como:

*... un sistema de acciones intencionalmente orientadas a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado valioso (Quintanilla, 2005).*

5. **Su función principal es el procesamiento automático de uno o más de los siguientes elementos: datos, información, conocimiento y acciones.** Estos elementos son los objetos de transformación de todo sistema informático. Ellos son procesados mediante programas que describen y ejecutan los pasos necesarios para la transformación de uno en otro; vale decir, transformación de datos en información, de información en conocimiento y de conocimiento en acciones. El término “procesamiento” se define, en este trabajo, como la aplicación sistemática de un conjunto de funciones u operaciones que actúan sobre datos, información, conocimiento y/o acciones. Estas funciones se implementan mediante programas y se ejecutan de manera automática con el auxilio de

computadores. La transformación, el almacenamiento, la comunicación, el cálculo, la visualización, y la impresión son algunas de las funciones de procesamiento más comunes.

6. **Procesa símbolos y expresiones escritas en un lenguaje artificial.** Datos, información, conocimiento y acciones son objetos abstractos cuyo procesamiento solo es posible a través de su representación mediante sistemas de símbolos. El procesamiento automático de estos elementos consiste en la manipulación de la representación simbólica de ellos. Esta representación consta de sentencias escritas en lenguajes artificiales. Estos lenguajes han sido especialmente diseñados para el procesamiento digital en computadores; por ejemplo, los lenguajes de programación (p.ej. C++, Java, PHP, FORTRAN y PROLOG), los lenguajes de interfaces gráficas (p.ej., JavaScript), los lenguajes de comunicación de datos (p.ej. XML) y los lenguajes de manipulación de datos (p.ej. SQL). La base teórica del procesamiento de símbolos en un computador es la Máquina de Turing. Esta máquina abstracta es capaz de procesar un algoritmo representado mediante símbolos binarios escritos secuencialmente.
7. **Tiene una estructura de naturaleza dual.** Esta estructura la forman dos tipos de elementos o componentes cuyas propiedades y comportamiento difieren significativamente: El componente físico, denominado **hardware**, y el componente abstracto, denominado **software**. Ambos componentes interactúan para ejecutar el procesamiento de manera automática. Cada componente es, a su vez, un sistema de acción intencional que posee estructura y funcionalidad propia. Un programa, por ejemplo, tiene una estructura simbólica y una función predeterminada por su uso; mientras que, el computador, que ejecuta este programa, tiene una estructura física cuyo funcionamiento consiste en procesar las estructuras simbólicas del programa. Hardware y software son, por lo tanto, los dos componentes principales de todo sistema informático. No hay sistema informático ante la ausencia de uno de ellos. La función de un sistema informático surge de la interacción de estos dos componentes. Así como el procesamiento automático es la actividad central del hardware; la representación simbólica es la

actividad principal del software. En cuanto a la estructura interna de cada uno de estos componentes, es pertinente destacar la importancia que las máquinas abstractas de John Von Neumann y Alan Turing tienen como base fundamental de todo computador. La máquina de Von Neumann define la arquitectura fundamental de todo computador digital; mientras que la máquina de Turing determina la manera como los compiladores e interpretadores de programas funcionan.

8. **Se comunica e interactúa con otros sistemas.** Mediante los mecanismos y servicios de comunicación alámbrica o inalámbrica, un sistema informático puede comunicarse e interactuar con otros sistemas. La interacción entre sistemas habilita la posibilidad de operar conjunta y coordinadamente para ejecutar funciones más complejas. A esta habilidad se le conoce con el nombre de *interoperabilidad*. Gracias a ella, es posible crear sistemas informáticos de gran complejidad, como los sistemas inteligentes formados por múltiples agentes, los sistemas *ciber-físicos* (p.ej., robots y automóviles autónomos) y las redes de computadores de propósito específico (p.ej., redes personales o domésticas).

## 4.2 Representación y procesamiento en un sistema informático

En la definición de sistema informático que vimos anteriormente, identificamos el procesamiento de datos, información, conocimiento y/o acción como una de las propiedades esenciales de este tipo de sistema. Cabe, ahora, preguntarse: ¿Cómo puede un dispositivo físico como el computador procesar objetos de naturaleza tan abstracta como los datos, la información y el conocimiento? ¿Qué estructuras se requieren para representar y procesar cada uno de estos objetos? ¿Qué funciones actúan sobre estas estructuras?

### 4.2.1 Estructuras de datos, información, conocimiento y acción

Todo computador es una máquina de procesamiento de símbolos basada en modelos teóricos denominados autómatas (p.ej. la máquina de Turing). Tanto su entrada como su salida son símbolos que han de ser organizados en base a estructuras que faciliten, por un lado, la representación de los objetos que ellos designan y, por el otro, su

procesamiento digital. La tabla 1 identifica las principales estructuras que se emplean para representar, organizar, comunicar y manipular automáticamente objetos simbólicos. Como lo hemos mencionado en secciones anteriores, estas estructuras se construyen usando lenguajes artificiales (p.ej., lenguajes de modelado, lenguajes de interrogación y lenguajes de programación).

Tabla 1. Estructuras de representación de datos, información, conocimiento y acciones

Estructuras de datos	Estructuras de información	Estructuras de conocimiento	Estructuras de acción
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros</li> <li>• Arreglos y matrices</li> <li>• Listas</li> <li>• Tablas</li> <li>• Archivos de texto, audio y video</li> <li>• Clave-valor</li> <li>• Bases de datos</li> <li>• Bodegas de datos</li> <li>• Lagos de datos (Big Data)</li> <li>• Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hojas de cálculo</li> <li>• Reportes</li> <li>• Páginas Web</li> <li>• Blogs</li> <li>• Tableros</li> <li>• Presentaciones</li> <li>• Documentos</li> <li>• Libros electrónicos</li> <li>• Grabaciones (audio)</li> <li>• Películas (video)</li> <li>• Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clases</li> <li>• Relaciones entre clases</li> <li>• Predicados</li> <li>• Marcos</li> <li>• Reglas <i>if-then</i></li> <li>• <i>Scripts</i></li> <li>• Inferencias</li> <li>• Redes semánticas</li> <li>• Ontologías</li> <li>• Bases de conocimiento</li> <li>• Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secuencias</li> <li>• Decisiones</li> <li>• Lazos o ciclos</li> <li>• Actividades</li> <li>• Algoritmos</li> <li>• Funciones</li> <li>• Programas</li> <li>• Procesos</li> </ul>

Dependiendo del dispositivo de almacenamiento utilizado, los datos se organizan de dos maneras diferentes. La primera de ellas es mediante **estructuras** usadas para almacenar datos temporalmente y en la memoria del computador, durante la ejecución de los programas. Los registros, las listas, los arreglos son ejemplos de este tipo de estructura simbólica denominada **estructura de datos**. La segunda manera de organizar datos es a través de **estructuras de almacenamiento** usadas para guardar los datos permanentemente en dispositivos de almacenamiento de datos, tales como: los discos duros y las memorias flash. Los archivos, las bases de datos y las bodegas de datos son las más representativas de este tipo de estructura. Las estructuras de datos se elaboran usando lenguajes de programación; mientras que las estructuras de almacenamiento se construyen mediante lenguajes de definición y manipulación de datos (P.ej., SQL, XML).

Las estructuras de información organizan los datos con la finalidad de presentarlos a los usuarios. Es a través de estas estructuras de presentación que los usuarios le dan significado a los datos que ellas contienen. Ejemplos de este tipo de estructura son: el libro electrónico, la presentación en PowerPoint y la página Web. La página Web, en particular, es una de las estructuras de información más completas que existen actualmente; pues, facilita la integración de diferentes tipos de datos, tanto estructurados como no estructurados; así como, datos en múltiples formatos, vale decir: texto, audio, video, gráficos e imágenes. El lenguaje de mayor uso para representar y comunicar estas estructuras es el lenguaje de marcas XML. En el caso particular de las páginas Web, es común utilizar una variante de este lenguaje denominada HTML.

Para representar los constructos básicos del conocimiento racional – conceptos, juicios y razonamientos - se emplean diferentes tipos de estructuras. La representación de conceptos se realiza, generalmente, usando clases o marcos que describen los atributos asociados al concepto (ver ejemplo en la Fig.7). Los juicios se representan usando predicados; mientras que, los razonamientos se describen usando reglas del tipo *if-then*. Algunos de los lenguajes más conocidos para representar conocimiento son: OWL, Common Logic, RDF y KIF.

La representación de acciones, con la finalidad de ser procesadas en un computador, es la más común de todas las discutidas anteriormente. De hecho, los programas escritos en cualquier lenguaje de programación son representaciones de un conjunto de acciones estructuradas que, generalmente, se describen mediante algoritmos. Las secuencias de acciones, la repetición de un conjunto de acciones (lazos o ciclos) y las decisiones son las tres estructuras básicas de representación de un algoritmo. Estas estructuras se construyen mediante lenguajes de modelado (p.ej. UML) y lenguajes de programación (p.ej. Java, C++, PHP).

La estructura de representación de acciones más compleja es el proceso. Un proceso se define como conjunto de actividades organizadas y estructuradas con la finalidad de alcanzar un objetivo predeterminado. Cada actividad está compuesta de un conjunto de

acciones, u otras actividades de menor alcance o tamaño, que se ejecutan de manera secuencial, iterativa, selectiva y/o paralela. BPMN y BPEL son los lenguajes de mayor uso para el modelado y automatización de procesos.

#### 4.2.2 El procesamiento en un sistema informático

En la sección anterior, vimos cómo se representan los objetos que un sistema informático puede procesar; pero, no hemos descrito aún cómo se procesan estas estructuras simbólicas y qué funciones pueden aplicarse para procesarlas.

La solución a estos problemas parte de la definición de “procesamiento automático” como la aplicación sistemática de un conjunto de funciones u operaciones que, con el auxilio de computadores y redes, manipulan, comunican y transforman datos, información, conocimiento y acciones. Este conjunto de funciones y sus elementos contextuales los podemos representar mediante un modelo de procesos que muestra las entradas y su transformación en salidas; así como, los mecanismos de control y recursos que se requieren para ejecutar los programas del sistema (Fig. 8).

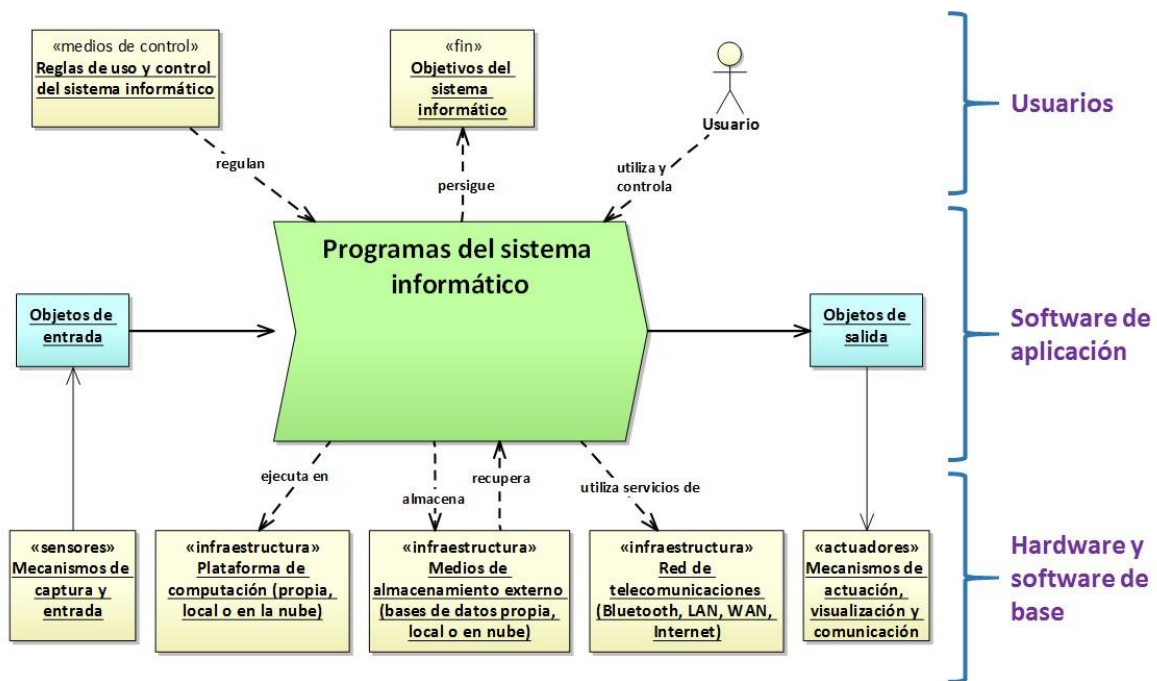


Figura 8. Modelo de procesos de un sistema informático

Los objetos de entrada (datos, información, conocimiento y acciones) ingresan al sistema de manera serial, mediante los mecanismos de captura (p.ej., teclado, pantalla táctil, lectores ópticos, micrófonos, cámaras, sensores, conexión alámbrica o inalámbrica con otro sistema, etc.). La estructura o formato de entrada es determinado tanto por el lenguaje utilizado para representar dichos objetos, como por el medio de entrada.

Una vez leídos, estos objetos se almacenan en estructuras predefinidas y apropiadas para su procesamiento. El almacenamiento se realiza en dos tipos de dispositivos de hardware: interno al computador (memoria RAM) o externo (disco duro, memoria flash, nube, etc.). Estos dispositivos son, también, usados como medios de entrada y salida temporal o permanente.

El procesamiento consiste en la ejecución de funciones predefinidas e implementadas mediante programas encargados del manejo de las estructuras utilizadas para representar los objetos en el computador. Estas estructuras son procesadas por los programas que se encargan de crearlas internamente en las memorias del computador, manipularlas y generar los resultados que el sistema informático debe producir.

Las funciones que los programas implementan varían de un tipo de objeto de entrada a otro; así como, de las estructuras que se utilizan en cada caso. Estas funciones dependen, principalmente, del objetivo que el sistema informático persigue, lo cual hace que el número de funciones sea solo limitado por la capacidad humana para crear e innovar. Es posible, sin embargo, abstraer las principales funciones que un sistema informático es capaz de realizar. La tabla 5 muestra el resultado de un esfuerzo de clasificación no acabado aún, que da, sin embargo, una idea de la amplia funcionalidad que tienen las TIC.

Tabla 2. Principales funciones de procesamiento de datos, información, conocimiento y acciones



Finalmente, la salida de los resultados se realiza a través de los mecanismos de actuación, visualización y comunicación; por ejemplo, actuadores, dispositivos de visualización (monitor, pantalla), de audio y video (TV, audífonos), de impresión (impresoras, plotter, fax) o de comunicación alámbrica o inalámbrica con otros sistemas.

La estructura o formato de salida depende del receptor. Si el receptor es una persona, la salida se organiza de acuerdo a estructuras de información que faciliten la interpretación del significado asociado a los datos que dicha salida contiene. Si el receptor es otro sistema informático o físico, la salida es organizada de manera serial y de acuerdo a la estructura que el lenguaje de comunicación defina.

## 5 Conclusiones

El poder de las tecnologías de información y comunicación ha sido ampliamente estudiado en diversos trabajos de investigación científica, económica, social y educativa. Estos estudios han analizado diversos aspectos tanto de la influencia que ellas ejercen

en la sociedad contemporánea, como del impacto que ellas originan en diversos sectores de la vida moderna (ver, por ejemplo, Avgerou et al, 2009; Moursund, 2005; y The World Bank Group, 2017).

El estudio del poder de las TIC's, que hemos realizado en este trabajo, ha seguido una dirección diferente basada en la definición de poder como “una facultad o capacidad para hacer algo” (WordReference.com). La orientación ha sido, por lo tanto, hacia la comprensión de la tecnología en sí misma, con énfasis en los aspectos estructurales y funcionales que la caracterizan y en el proceso que seguimos los ingenieros para producirlas. Con esta intención, se elaboró el ciclo informático y la conceptualización de las TIC como sistemas.

Más allá del carácter didáctico que pueda atribuírsele al ciclo informático, como medio de descripción de las TIC's, su valor está en reformular el concepto que define a este tipo de tecnología. Como todo modelo conceptual, el ciclo descrito resulta incompleto si no se acompaña de un marco metodológico. Las limitaciones de espacio impidieron describir con más detalle el proceso de desarrollo de estas tecnologías. Este proceso es de vital importancia para la formación de ingenieros informáticos, por lo que dejamos para un futuro su debida descripción.

## **6 Reflexiones finales sobre el impacto de las TIC en la educación universitaria**

El avance vertiginoso de las TIC obliga a repensar y replantear, continuamente, la manera en que podemos aprovechar estas tecnologías, en pro del desarrollo de nuestro país, de sus instituciones y de sus empresas. En el contexto educativo universitario, hay varias tendencias mundiales que no podemos ignorar y que, en consecuencia, nos obliga como académicos a tomarlas en consideración:

1. **Las TIC han transformado la manera de aprender.** El aprendizaje es ahora una actividad a tiempo real, mediada por la tecnología, interactiva, personalizada

y social. Ello nos obliga a cambiar la manera en que nosotros, en nuestra función docente, enseñamos.

2. **Las universidades avanzan hacia espacios híbridos.** Las facilidades de acceso a Internet que existen hoy en día, aunado a las redes sociales y a los servicios que se ofrecen en la Nube, han cambiado, no solo la manera en que enseñamos y aprendemos, sino también el espacio, tiempo y alcance del proceso educativo. Hay, por ejemplo, una transición notoria y acelerada en el alcance geográfico de la oferta académica. Las principales universidades del mundo tienen ahora un alcance global. Han dejado de ser universidades de espacios físicos y proyección local o regional, para convertirse en universidades virtuales cuyo alcance trasciende las fronteras de sus países. La mayoría de sus programas de estudio de pregrado y postgrado se ofrecen a distancia, a través de portales educativos propios o compartidos, como es el caso de los portales Coursera y Udacity. La universidad del futuro será una en la que su presencia virtual será tan o más importante que su presencia física.
3. **Formar para innovar y emprender.** Avanzamos hacia una nueva sociedad en la que la capacidad de sus individuos para actuar, innovar y crear es mucho más trascendental que producir información y acumular conocimientos. Esta nueva sociedad está basada en la innovación tecnológica y el emprendimiento. La formación del estudiante debe centrarse, por lo tanto, en un aprendizaje activo que fomente la generación y desarrollo de ideas, por encima de la simple memorización de información.
4. **La agilidad del cambio curricular.** Un estudio realizado por la Universidad de Oxford estima que en los próximos 10 - 20 años, un 47 % de las profesiones que conocemos, hoy en día, desaparecerán o serán desempeñadas por robots. Por otro lado, el 75 % de las profesiones que se requieren para el 2030 aún no se han creado. La manera como se lleva a cabo el cambio curricular en nuestras universidades, no contribuye a dar respuesta ágil a las necesidades de nuevas profesiones. Se hace imperativo agilizar este proceso y adecuarlo a la dinámica actual de la sociedad de la innovación y el emprendimiento.

## Agradecimiento

Agradezco a todos los ilustres miembros de la Academia de Mérida, muy especialmente al Dr. Fortunato J. González Cruz, la oportunidad que me han concedido de formar parte de esta distinguida corporación. Igualmente, agradezco a las profesoras Judith Barrios y Francis Barboza sus valiosos comentarios a la primera versión de este artículo. Muchas gracias.

## Notas

<sup>1</sup> Es común usar, también, el término “tecnología de la información” (sin la C) para referirnos a este tipo de tecnología; en cuyo caso, se asume que la comunicación es una actividad más del procesamiento de la información.

<sup>2</sup> En 1957, el científico alemán Karl Steinbuch publicó un artículo en el que se empleó, por primera vez, la palabra *informatik* para referirse al procesamiento automático de la información. Es, sin embargo, la palabra en francés la que da origen al término “informática” en español.

<sup>3</sup> La Ingeniería de los Computadores se relaciona con el diseño arquitectónico y construcción de los componentes físicos que estructuran un computador, incluyendo la comunicación e interacción entre ellos. Su objeto de estudio es el hardware que engloba a los microprocesadores; a los componentes de entrada, almacenamiento y salida de datos; a las redes de comunicación; y a los demás dispositivos electrónicos y electromecánicos que hagan uso de estos componentes.

<sup>4</sup> La Ingeniería del Software es la disciplina que estudia el componente abstracto de todo computador; esto es, el software. Diseña procesos, métodos, técnicas, herramientas y lenguajes necesarios para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software.

<sup>5</sup> La Tecnología de la Información se concentra en los procesos de adquisición, instalación, operación y monitoreo de las tecnologías de hardware, software y

comunicaciones que las organizaciones necesitan para desarrollar, usar y mantener sus sistemas informáticos.

6 El área de Sistemas de Información hace énfasis en el diseño, desarrollo e implementación de soluciones informáticas para resolver problemas de información, comunicación y automatización en organizaciones. Estudia, por consiguiente, la información, sus procesos de transformación y comunicación y el impacto que las TIC tienen en las organizaciones y en la sociedad.

7 Cada una de las actividades del proceso de desarrollo de las TIC se divide, a su vez, en sub-actividades interrelacionadas. La descomposición de estas actividades forma una estructura de trabajo jerárquica compleja, de varios niveles de abstracción, en la que cada nivel describe un conjunto de acciones conocido como flujo de trabajo. Por ejemplo, la actividad de diseño del producto, se divide en diseño de la arquitectura del producto y diseño de cada uno de sus componentes. Por razones de espacio y alcance, estas actividades no se describen en este trabajo. El lector es referido a (Montilva, Barrios y Rivero, 2015) para una descripción de estas actividades.

## Referencias bibliográficas

Ackoff, Russell (1974). *Redesigning the Future: A System Approach to Societal Problems*. New York: Wiley-Interscience. New York.

ACM/IEEE (2006). *Computing Curricula 2005: The Overview Report*. The Joint Task Force for Computing Curricula. ACM and IEEE Computer Society. September.

Avgerou, Chrisanthi; Mansel, Robin; Quah, Danny; and Silverstone, Roger (2009). *The Oxford Handbook of Information and Communication Technologies*. Oxford University Press. Oxford, England.

Barrios, Judith and Montilva, Jonás. (2013). Integrating the methodological frameworks WATCH and SCRUM: a method engineering approach. IEEE Xplore Digital Library. IEEE, November. Print ISBN: 978-1-4799-2957-3

Ericsson (2016). Ericsson Mobility Report: On the Pulse of the Networked Society. Stockholm, Sweden: <https://www.ericsson.com/res/docs/2016/ericsson-mobility-report-2016.pdf>

García-Córdoba, Fernando (2005). La investigación tecnológica: Investigar, Idear e Innovar en Ingenierías y Ciencias Sociales. México: Limusa.

IGI Global (2017). What is Information and Communication Technology (ICT). Pennsylvania, USA: <http://www.igi-global.com/dictionary/information-and-communication-technology-ict/14316>

Jensen, Randall W. and Tonies, Charles C. (1979). Software Engineering. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Mays Vallenilla, Ernesto (2005). Fundamentos de la meta-técnica. Fundación para la Cultura Urbana. Caracas

Montilva, Jonás; Barrios, Judith y Rivero, Milagro (2015). Desarrollo de Aplicaciones Empresariales: El Método WATCH. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela: <http://e-praxis.com.ve/portal/recursos/recursos-metodologicos/>

Moursund, David (2005). Introduction to Information and Communication Technology in Education. University of Oregon, Eugen, Oregon; <http://pages.uoregon.edu/moursund/Books/ICT/ICTBook.pdf>

Pew Research Center (2016). Smartphone Ownership and Internet Usage Continues to Climb in Emerging Economies. Washington, EU: <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-and-internet-usage-continues-to-climb-in-emerging-economies/>

Ponce, Margarita (1978). La definición de sistemas teleológicos. *Revista de Filosofía Diánoia*. Vol. XXIV, No. 24. Pp. 168-189.

Prensky, Marc (2010). *Nativos e Inmigrantes Digitales*. Distribuidora SEK, S.A. España; [http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-NATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20\(SEK\).pdf](http://www.marcprensky.com/writing/Prensky-NATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20(SEK).pdf)

Puleo, Francisco (1985). *Paradigmas de la información*. Mérida: Consejo de Publicaciones de la Universidad de Los Andes.

Quintanilla, Miguel A. (2005). *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. México: Fondo de Cultura Económica.

The World Bank Group (2017). *The Little Data Book on Information and Communication Technology 2017*. World Bank Publications. Washington, USA.

University of Edinburgh (2017). *What is Informatics?* School of Informatics, UK. Recuperado de <http://www.ed.ac.uk/informatics/about/what-is-informatics>

Uslar Pietri, Arturo. (28 de julio de 1985). El poder supremo. *Diario El Nacional*, pp. A-4.

## ANEXO 1

Tabla 1. Clasificación de las tecnologías de base

Computadores	Software del sistema	Redes de telecomunicación
Microprocesadores	Sistemas operativos	Redes inalámbricas: WiFi, Bluetooth, etc.
Teléfono inteligente	Compiladores	Redes de área local - LAN
PC y tabletas	Interpretadores	Redes de área metropolitana - MAN
Servidores	Utilitarios	Redes de amplio alcance - WAN
<i>Mainframes</i>	Herramientas de desarrollo de software	Inter-redes: Internet, Intranet, Internet de las Cosas
Supercomputadores	Software de interoperabilidad, seguridad, administración de redes, etc.	

Tabla 2. Clasificación de las tecnologías tradicionales

Tecnologías de gestión de datos	Tecnologías de gestión de información
Aplicaciones de procesamiento de datos transaccionales y almacenamiento de datos Aplicaciones científicas tradicionales	Sistemas de información, aplicaciones Web, aplicaciones móviles, comercio electrónico, redes sociales, etc.
Sistemas de gestión de archivos	Herramientas de oficina, edición de textos, correo electrónico
Sistemas de gestión de base de datos	Herramientas de graficación y visualización científica
Generadores de reportes	Sistemas de gestión de documentos
Sistemas de gestión de bodegas de datos	Sistemas multimedia: audio, video, imágenes
Grandes datos: <i>Big Data</i> , lago de datos, bases de datos NoSQL	Sistemas de gestión de contenidos Web
Almacenamiento de datos en la Nube (Cloud)	Sistemas de colaboración, localización, videoconferencia
	Sistemas de gestión de enseñanza y aprendizaje

Tabla 3. Clasificación de las tecnologías emergentes

Tecnologías de gestión de conocimientos	Tecnologías para toma de decisiones	Tecnologías para gestión y automatización de procesos
Aplicaciones inteligentes	Herramientas de Inteligencia de Negocios	Aplicaciones embebidas
Sistemas de gestión de conocimientos	Herramientas para análisis estadísticos de datos	Sistemas de gestión y control de procesos
Sistemas de reconocimiento de voz, imágenes y patrones, visión por computadora	Minería de datos	Realidad virtual y videojuegos
Sistemas de procesamiento de lenguaje natural	Herramientas para simulación	Robots
Sistemas de búsqueda inteligente	Analítica predictiva	Agentes inteligentes
Sistemas expertos, redes neuronales		Asistentes inteligentes
Aprendizaje de máquina		Sistemas inteligentes de planificación

## Jonás A. Montilva C.

Universidad de Los Andes  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería de Sistemas  
 Departamento de Computación  
 Mérida – Venezuela

[jonas@ula.ve](mailto:jonas@ula.ve)   [jmontilva@gmail.com](mailto:jmontilva@gmail.com)

<https://jonasmontilva.espacioinformatico.com/>

