

La Industria 4.0 sin prisas

Industry 4.0 Without Haste

Jordy Micheli Thiri6n* Profesor-Investigador del departamento de Economía de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco y Coordinador del Programa Economía 4.0 en la misma universidad. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 2 desde 2008. Estudió la carrera de Ingeniería Industrial, la maestría en Economía en la UNAM y el doctorado en Diseño, línea de Estudios Urbanos, en la UAM-Azcapotzalco. Su campo de investigación es la transformación de distintos sistemas de producción de servicios y manufacturas, en interacción con los factores tecnológicos, económicos y territoriales. Su perspectiva de análisis es el vínculo entre cambio técnico y el desarrollo económico y social. Es autor de diversos artículos sobre la temática anterior, así como de libros en calidad de autor y/o coordinador.

Resumen

En este artículo se contextualiza a la llamada Industria 4.0 dentro del proceso de digitalización de la industria en general y se describe funcionalmente al grupo de tecnologías que constituyen el ensamble de fuerzas productivas impulsoras de la nueva fase de digitalización. El objetivo es proporcionar al lector una visión breve y estructurada del fenómeno de digitalización industrial actual en la cual se marque su esencia evolutiva y se puedan entender los roles de cada una de las tecnologías impulsoras. La importancia de este ejercicio de análisis es proponer un instrumento de interpretación en medio de la polisemia mediática que acompaña a la llamada Industria 4.0.

Palabras clave: Industria 4.0, digitalización industrial, tecnologías digitales.

Abstract

This article provides a context for Industry 4.0 within the industry digitization process and a functional description of the group of ensembled forces of production driving the new digitization phase. The purpose is to provide a brief and structured view of the ongoing industrial digitization process, noting his evolutive nature, and an explanation for the roles of each driving technologies. The importance of this analytical exercise is to propose an instrument for interpreting the Industry 4.0 in the middle of the polysemy procreated by the media.

Keywords: Significant image, narrative, animation, memory.

Introducción

El término Industria 4.0 se emplea polisémicamente. Puede significar un cambio de paradigma en la producción industrial; el nombre genérico de iniciativas estratégicas de política industrial; un término técnico para nuevos activos y servicios digitales de la empresa o bien el nombre de una etapa histórica. Con gran frecuencia es definida como la “cuarta revolución industrial”, suplantando al quehacer de los historiadores y anteponiendo como argumento el incomparable poder transformador de las nuevas tecnologías al nivel no sólo industrial, sino social (Schwab, 2016).

Sin duda, existen poderosas razones económicas para impulsar esa idea: hay estudios de mercado que señalan que los principales proveedores para esta industria tienen expectativas de ventas para 2024 de 156.6 mil millones de dólares, es decir poco más de 9 veces su mercado de 2019, que fue de 17.1 mil millones de dólares (Markets and Markets, 2020), pero por otra parte también hay evidencias de las dificultades reales que tienen las empresas para abrazar completa y rápidamente este nuevo modelo industrial (Deloitte, 2018).

La Industria 4.0 es, sin duda, una innovación organizacional y de mercado, bajo una concepción shumpeteriana, pero ¿es una innovación incremental o disruptiva?

El ruido mediático, al que a veces se adhiere el académico, apuesta a que estamos frente a una innovación histórica, disruptiva, de alcance social y económico sin precedentes, y que el mundo de un mañana muy cercano será ya muy distinto al de hoy. Parece existir una presión ambiental para mirar la transformación digital con prisas.

Sin ninguna pretensión de resolver esta presión, con este texto se quiere aportar una mirada basada en una descripción evolutiva y funcional de la tecnología, incluyendo, desde luego su papel económico.

El aprendizaje continuo es una condición de la sociedad moderna, cuyo desarrollo descansa en gran medida en el aprendizaje, pero ¿cuántas veces no leemos o escuchamos opiniones “especializadas” que nos inducen a creer que más que el aprendizaje necesitamos una re-inversión de nuestros saberes personales, organizacionales y sociales?

La etapa industrial que se vive es la digitalización

Dentro de la ya conocida secuencia histórica de etapas del desarrollo de la industria manufacturera, que inicia con la producción de manufacturas basada en la energía de agua y vapor; continúa con la producción en masa soportada en energía eléctrica y prosigue con la automatización de los procesos en masa a través de las tecnologías de la electrónica e internet, la actual y nueva tendencia del desarrollo industrial tiene un eje explicativo en la creciente digitalización de procesos de producción —o digitalización industrial para diferenciarla de la digitalización social—, materializada en un despliegue de tecnologías de manufactura avanzada, robótica y diversos sistemas de automatización. Esta digitalización industrial avanzó tanto en industrias de producción en masa flexible intensivos en mano de obra como en segmentos de especialización flexible intensivos en capital, abarcando un espectro amplio del sistema de la manufactura.

En los años ochenta del siglo pasado, el avance en la automatización digital de la manufactura tenía sus límites en la entonces conocida metáfora de las “islas de automatización” (Kaplinsky, 1984), con la cual se aludía a la incomunicación entre los diversos subsistemas de producción, cada uno automatizado, pero cuya integración para conformar un flujo homogéneo en velocidad, variedad y calidad aún no era posible. Sin duda, las formas emergentes de organización toyotistas de tareas humanas fueron la parte que acoplaba a las islas de automatización (Coriat, 1992).

La digitalización (UNCTAD, 2019) es un término ampliamente usado, pero con variación de significados. Con base en la mirada sociotécnica de Osmunsen, Iden y Bygstad (2018) la digitalización se puede entender como el uso de tecnología digital para impulsar cambios en las estructuras sociotécnicas destinadas a producir tanto bienes como servicios, y en este contexto se concibe a la estructura sociotécnica como un arreglo de interacciones sociales, normas y valores con dispositivos técnicos y sus correspondientes rutinas de uso y fronteras de mejora.

"El t6rmino **Industria 4.0** [...] es definido como la '**cuarta revoluci6n industrial**', suplantando al quehacer de los historiadores y anteponiendo como argumento el incomparable **poder transformador** de las nuevas tecnolog6as al nivel no s6lo industrial, sino social" (Schwab, 2016).

La tecnolog6a digital del internet aceler6 la digitalizaci6n de la empresa en sus diversas funciones, pero fue la combinaci6n del uso de sensores y actuadores que emplean radiofrecuencia la que dio paso a la etapa siguiente, como se describe a continuaci6n.

Los sensores constituyen una rama tradicional y b6sica de la operaci6n mec6nica de dispositivos, aparatos y sistemas, y el avance sustantivo en la sensorizaci6n se dio al incluirles un transmisor que emite se1al en una banda del espectro electromagn6tico, llamada radiofrecuencia. De all6 el nombre de tecnolog6a RFID, la cual tiene una larga historia de desarrollo constante desde los a1os 30 del siglo pasado. Los actuadores reciben la se1al del sensor y generan un movimiento a partir de 6l. Cuando los sensores y actuadores se conectan a una red, los objetos a los que aqu6llos est6n adheridos se convierten en objetos interconectados y, si con algoritmos adecuados se almacena la informaci6n y se llevan a cabo procesos con automatismos, metaf6ricamente los objetos est6n "comunicados" y entonces estamos hablando de la base conceptual del internet de las cosas y la posibilidad tecnol6gica de vincular las islas de automatizaci6n. Ha nacido la Sens6rica como tecnolog6a que suma sensores con conectividad.

Aqu6 se debe agregar que internet es el canal de transmisi6n de datos y que la posibilidad de generar acciones con ellos (recolectar-movilizar-almacenar) proviene de procesadores nano-electr6nicos, cuyo cada vez menor tama1o impacta en la creciente potencia de la computaci6n. Los chips o transistores actuales poseen dimensiones de una decena de nan6metros (1 mil6metro tiene 1 mill6n de nan6metros), de modo que la cantidad de estos transistores que puede tener un procesador le permite realizar acciones cada vez m6s amplias y complejas, soportados por algoritmos id6nticamente poderosos.

De modo que, metaf6ricamente, el piso sobre el que descansa la automatizaci6n tiene una argamasa integrada por la mezcla de miniaturizaci6n de los transistores y la ampliaci6n de las bandas electromagn6ticas en que act6a internet como canal de transmisi6n de datos. Entre estos dos componentes, se intercalan los sensores que permiten la localizaci6n en tiempo real de cualquier objeto¹.

Ahora veamos con un sentido funcional el conjunto de tecnolog6as que se ensamblan para producir el nuevo modelo industrial digital.

Industria 4.0 y el ensamble de sus tecnologías impulsoras

Planes y profecías aparte, en los hechos la Industria 4.0 es la descripción del *upgrading* de productos y procesos industriales mediante el uso de tecnologías de automatización y digitalización. Es la continuación del proceso de digitalización presente desde los años 70, que ahora incorpora procesos de administración y control inteligentes dirigidos a la empresa y a la cadena de valor. El rasgo básico de esta fase de digitalización industrial es la interoperabilidad entre los diversos y distintos sistemas digitales y organizacionales de la empresa (Lu, 2017). Ello permite rapidez y eficiencia en costos para la modificación o innovación de productos y mayores niveles de productividad en la manufactura y producción de servicios.

Esta fase innovadora forma parte del proceso histórico de digitalización con unas trayectorias tecnológicas que Brynjolfsson y McAfee (2014) han caracterizado como exponenciales y combinatorias, y cuya tendencia es la de constituir un sistema que asocie consumo y producción en un nuevo paradigma que algunos denominan ciber-físico, retomando dicho concepto de la terminología creada a finales del siglo XX, cuando los avances en automatización permitían concebir un solo espacio de monitoreo y coordinación entre operaciones físicas y representaciones cibernéticas de las mismas (Lee, Bagheri y Kao, 2015).

Las discusiones sobre los probables efectos de la transformación industrial y de servicios promovida por las tecnologías ciber-físicas tienen un referente en el documento que ha elaborado una empresa consultora (McKinsey, 2017), la cual ha planteado tres aspectos orientadores:

1. Las tecnologías que promueven la automatización se encuentran en distintas fases de su desarrollo, pero no todas alcanzarán las repercusiones que algunos pronósticos les atribuyen y otras podrían influir de forma diferente e incluso con efectos más importantes de los previstos hoy en día, y de hecho los robots siguen teniendo altos costos, especialmente para las pequeñas y medianas empresas;

"El conjunto de tecnologías de la era contemporánea de digitalización que impulsan y alimentan la Industria 4.0 son: banda ancha, centros de datos, internet de las cosas, big data-analítica e inteligencia artificial".

2. El nivel salarial y los costos del trabajo en general son un factor muy importante en la decisión de automatizar determinados procesos o actividades, y
3. Los beneficios de las empresas con los procesos de automatización no se limitan al ahorro de costos, sino que abarcan las mejoras en la productividad, la mayor calidad de productos y servicios y otros aspectos, como la seguridad en los procesos.

El conjunto de tecnologías de la era contemporánea de digitalización que impulsan y alimentan la Industria 4.0 son: banda ancha, centros de datos, internet de las cosas, big data-analítica e inteligencia artificial (ver Figura 1).

Estas tecnologías se alimentan unas a otras —de allí su caracterización como convergentes y exponenciales—, aunque esta integración ocurre, como en todo proceso social y técnico, de manera desigual y combinada.

A continuación se describe brevemente cada una de las tecnologías mencionadas, poniendo énfasis en su funcionalidad dentro del ensamble de la Industria 4.0.

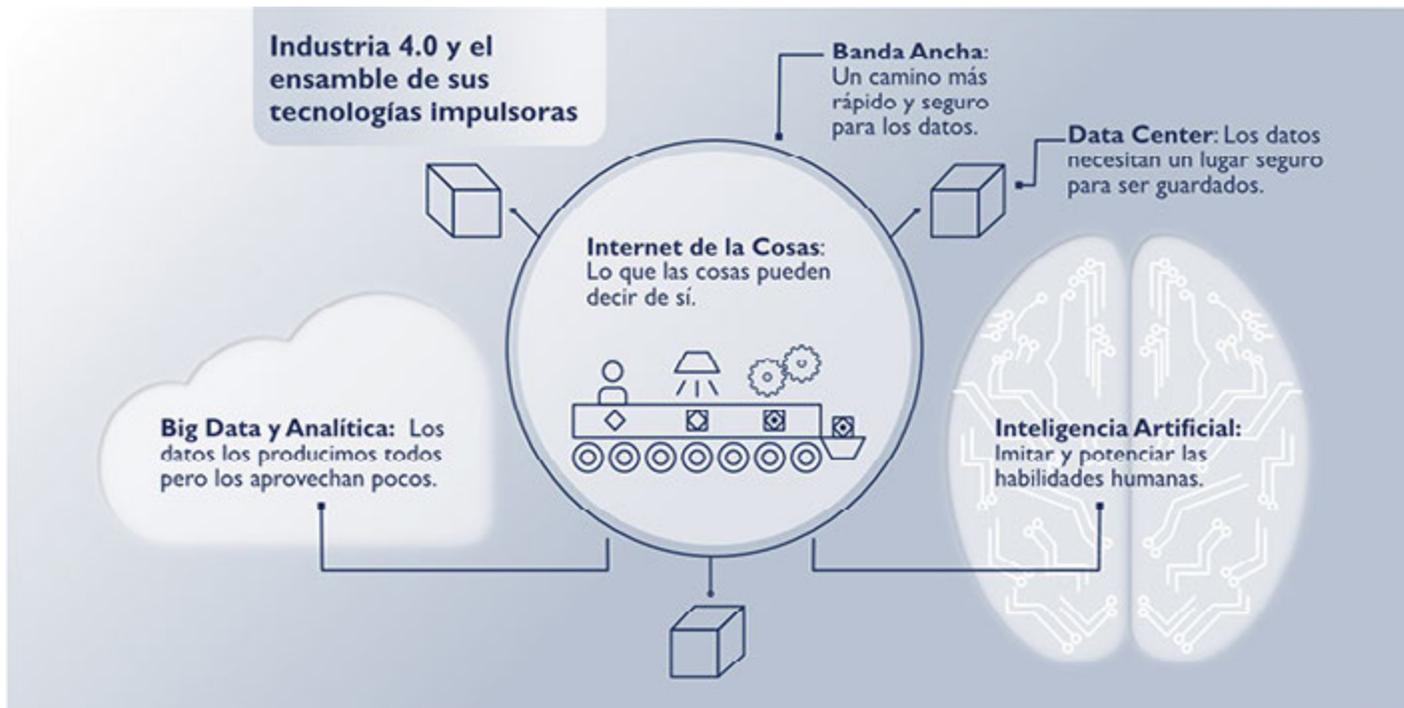


Figura 1. Conjunto de tecnologías de la era contemporánea de digitalización que impulsan y alimentan la Industria 4.0.

Un camino más rápido y seguro para los datos

La banda ancha, comúnmente asociada a mayor velocidad, tiene el carácter de infraestructura de red básica, fiable y siempre disponible, capaz de ofrecer diversos servicios convergentes mediante un acceso de alta capacidad para transportar gran cantidad de datos por segundo. Eso es fundamental para asegurar la conectividad empresarial y organizacional en general, por lo regular más demandante que la de los individuos.

La banda ancha constituye una fuerza productiva mensurable que permite construir estimaciones sobre el crecimiento económico asociado a la primera. A partir de la posibilidad de un modelo unificado de acervo de capital tecnológico (una

red de la cual se derivan actividades económicas) comenzó a cobrar importancia la noción de digitalización. El acceso a la red —mediante dispositivos terminales— permite el uso de servicios y productos digitales que es denominado digitalización y que es posible diferenciar entre privada, para los individuos y hogares, y empresarial. Las tecnologías digitales tienen la característica de ser complementarias entre sí, son complementarias con las competencias y activos de las empresas, y con políticas públicas que fomenten la competitividad (OECD, 2019).

Los datos necesitan un lugar seguro para ser guardados

Los centros de datos se colocan en el punto crítico de la actual fase de digitalización: todas las tecnologías digitales demandan mayor capacidad de procesamiento, almacenamiento y transmisión de datos. Carecerían de valor económico y estratégico los datos sin estas tecnologías críticas que centralizan la gestión de los mismos. Su modelo de negocio es un servicio tercerizado y constituye la estructura física y de capacidades de gestión asociada al concepto de “nube”. El cómputo en la nube es la denominación más reciente de la tecnología digital que permite que la red sea utilizada, bajo demanda, para tener acceso a un conjunto compartido de recursos de cómputo, como redes particulares, servidores, almacenamientos, aplicaciones y servicios que se ubican en centros de datos. En esencia, es compartir internet para actividades de computación diversas, en vez de utilizarlo de modo particular, de modo que el procesamiento de información se convierte en servicio.

Su atributo económico más importante es que permite el acceso a los costosos recursos de la tecnología digital para una gama de actores más amplia que las grandes organizaciones o empresas. La infraestructura tecnológica es adquirida como servicio, sin necesidad de invertir en activos físicos digitales. Por ello, la implementación de cómputo en la nube representa ahorros para las empresas, que deben calcularse de un modo general como “cuánto cuesta un proceso de digitalización (por ejemplo, inteligencia artificial) usando recursos propios para la computación vs. recursos de la nube”. Para la Industria 4.0, el cómputo en la nube representa mayores beneficios relativos en la medida en que las empresas implementen mayores capacidades digitales y/o en la medida en que las empresas sean más chicas y sus disponibilidades de inversión en digitalización sean menores. Otro factor a tomar en cuenta es la intención al implementar el cómputo en la nube: disminuir costos de producción, disminuir riesgos, administración de recursos humanos, etcétera.

La capacidad de utilizar datos comprende su recopilación, análisis, protección, aprovechamiento y movilización. Los centros de datos habilitan esta capacidad, y por ello constituyen

un factor crítico de la seguridad y desarrollo competitivo de la empresa. Aspectos como la transmisión en tiempo real, la reducción de latencia, las aplicaciones de negocio críticas o bien, en un caso específico, el automóvil autónomo, son ejemplos de la importancia que tienen los centros de datos y los servicios en la nube asociados. Al tercerizar esta capacidad, es fundamental que se haga en condiciones de seguridad y soberanía de los datos, así como con una velocidad de respuesta adecuada. Las tendencias han sido asociar esta capacidad a empresas líderes que deslocalizan sus centros de datos y, por ende, implican un factor de riesgo para la empresa contratante en este campo crucial de la digitalización en general y de la industria en particular. Para evaluar el futuro de la Industria 4.0 debe considerarse que, en la actualidad, el mercado de datos generados carece de regulación y está a expensas de actividades oligopólicas.² Este mercado físicamente fue de 33 Zettabytes en 2018 y será de 175 Zettabytes en 2025 (1 Zettabyte= 10^{21} bytes).

Lo que las cosas pueden decir de sí

El internet de las cosas (I o T) es un conjunto de dispositivos digitales y objetos móviles naturales o artificiales con identificadores únicos, con la capacidad de transferir datos a través de una red sin intermediación humana. Una fábrica que emplea esta tecnología digital típicamente realiza las funciones siguientes en tiempo real, sin intervención humana: operación de la línea de producción; monitoreo de la calidad, tanto predictiva como correctiva, y registro del inventario y sus flujos. La eficiencia en tiempos de ejecución de esta fábrica explicaría su mayor productividad. De hecho, el I o T es el proceso de digitalización que mayormente se aplica en la manufactura, frente a otras áreas de la empresa.

Sin embargo, el sistema es aún complejo y heterogéneo. Aquí se manifiestan las diferencias estructurales entre industrias y dentro de ellas: las configuraciones y el equipamiento de los sistemas de manufactura o procesamiento continuo son diversos y, por tanto, las soluciones del IoT suelen ser a la medida, con el consiguiente aumento de costos. Una estimación de 10 mil millones de dispositivos industriales interconectados en 2020 (Navarro Ortiz *et al.*, 2018) conforman el espacio físico sobre el cual deben establecerse los sistemas virtuales que conecten esa cantidad de direcciones URL y exijan manejo de Big Data y de ciberseguridad. El IoT es un detonante de la industria 4.0, pero su implementación se producirá cuando los proveedores lo ofrezcan llave en mano, escalable fácilmente para hacerle frente a la estacionalidad del mercado y bajo esquemas de pago por uso, no como un activo a depreciar de manera tradicional.

Los datos los producimos todos, pero los aprovechan pocos

Big Data y Analítica permiten la extracción de valor de los datos que crecen de manera exponencial. Big Data (datos masivos, en una traducción al español) es el nombre de la acumulación de datos, que guardan cierta estructura³ y Analítica es el proceso que permite obtener información de los datos y generar predicciones.

Se genera así conocimiento para fines sociales y económicos, y el valor de los datos iniciales se multiplica. Existen ya diversas métricas que cuantifican el valor económico generado, especialmente para los actores empresariales. Cabe señalar que la expansión de estas dos tecnologías en el ámbito sociopolítico ha dado pie a la tendencia del Gobierno Abierto, como innovación organizacional en la esfera estatal, mientras que la tendencia en el mundo empresarial es la de Industria 4.0.

La expansión del IoT en los procesos industriales produce datos masivos de manera heterogénea, con valores distintos y con usos diferenciados, “desestructurados”, como se les conoce en la ciencia de datos. La ciencia de datos aplicada a procesos heterogéneos debe poder generar información eficaz y crítica, en tiempo real, y ello implica desarrollos especializados. Las grandes empresas generadoras de datos masivos han sido las primeras en tener las herramientas para su explotación, adecuada a sus necesidades: Google, LinkedIn, Yahoo o Twitter. La economía basada en plataformas es también un promotor de soluciones específicas, como por ejemplo Uber. Pero la industria, heterogénea, requiere de un complejo científico-tecnológico que genere soluciones a la medida (Gokalp *et al.*, 2016).

Imitar y potenciar las habilidades humanas

La Inteligencia Artificial (IA) es una tecnología digital orientada a crear máquinas que, mediante algoritmos, emulen el comportamiento humano. Su gama de aplicaciones se está ampliando de manera continua, y, desde luego, al estar unida a las otras tecnologías que actúan como vectores, abre la perspectiva de constituir un mundo en el que las máquinas tengan capacidades de decisión.

La IA es la palanca del dinamismo de las transformaciones laborales y, por ende, societales, que se discuten en primer plano en el contexto de esta etapa de aceleración de la digitalización, que es la Industria 4.0.

En la industria manufacturera, la IA tiene campo de aplicación en la robótica industrial, calidad, mantenimiento y diseño, sin embargo, a nivel mundial aún es menor el peso que tiene la inversión en IA dentro de la manufactura, comparada con los servicios en general. La ciencia de datos y la inteligencia artificial son la base de empresas líderes a nivel mundial, como Google, Amazon o Alibaba, y, dentro de las estrategias públicas, conforman el núcleo de las preocupaciones estratégicas, precisamente por el efecto disruptivo que tiene su expansión.

Concluyendo: ¿de qué prisa se habla?

Este conjunto de tecnologías se desarrolla continuamente, reforzándose unas a otras, pero el signo de su crecimiento comercial e innovación ha sido la dispersión, de suerte que la empresa que se enfrenta a la necesidad de dar un salto tecnológico, tiene frente a sí decisiones que tomar bajo incertidumbre económica. Esta incertidumbre empresarial requerirá metodologías aplicadas y una de las primeras incursiones nos la brinda una encuesta de Deloitte (2018) en 361 grandes empresas manufactureras y de energía de Estados Unidos, Canadá, México y Brasil, la cual mostró resultados que priorizan inversiones en tecnologías digitales para las funciones administrativas y de planeación, y que colocan en sitios más bajos de las estrategias de inversión a las tecnologías de producción. Además, la transformación digital es considerada una alta prioridad estratégica, aunque no se considera crítica para mejorar la rentabilidad de la empresa.

Esta encuesta es un ejemplo y nada más, pero muestra el camino para verificar la evolución práctica de la Industria 4.0. Hasta ahora, este paradigma de automatización ciber-física es una colección de medidas de mejora en una senda evolutiva en el mundo industrial, un mercado de aplicaciones y tecnologías calificadas de imprescindibles por sus vendedores y, desde luego, un sinnúmero de conocimiento en búsqueda de aplicaciones en los centros de I+D. Una visión coherente e integradora de la complejidad de la Industria 4.0 es tan importante como la urgencia de vincularnos a lo nuevo.

Este artículo, como se enuncia desde el título y el objetivo, busca sugerir al amable lector que la prisa con la cual se habla en nuestros medios académicos acerca de la Industria 4.0 nos puede impedir observar, analizar y actuar acerca de este nuevo paradigma industrial sin la presión de sentirnos desde ahora presos de un retraso: si la Industria 4.0 es la revolución industrial en marcha, la “cuarta”, ¿qué mañana puede haber para nosotros, inmersos y actores de un sistema productivo y académico que no se integra plenamente a las tecnologías digitales y que, además, es renuente a cambiar con la misma velocidad del cambio digital?

Con plena conciencia de que desestimar la prisa en este tema puede sonar conservador e, inclusive, ignorante, la pequeña provocación consiste en insinuar que esta transformación en curso, que nadie niega, es un campo complejo que requiere mucho más conocimiento histórico y tecnológico sobre la digitalización: sus actores, la manera en que se ensamblan las diversas tecnologías y los límites en su aplicación. Las fuerzas productivas no actúan ni se transforman en el vacío social y económico, y aún nadie ha venido del futuro para avisarnos que ésta era la cuarta revolución industrial, porque así la bautizaron quienes tienen interés en que el mercado de las diversas tecnologías digitales crezca sin obstáculos.

Notas

- 1 Esto nos lleva necesariamente al tema del límite físico y social de ambas tecnologías. El límite atómico: los semiconductores ya tienen una dimensión de 5 nanómetros, y un átomo de tamaño medio mide 0.32 nanómetros, eso significa que hay una “pared” de 15 átomos entre semiconductor y semiconductor de 5 nanómetros cada uno. Disminuir el tamaño lleva a “adelgazar” la pared atómica. El límite radioeléctrico: la profusión de usos de distintas bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico —un bien público— no es ilimitada, porque puede dar lugar a interferencias entre distintos usuarios. La tecnología 5G (quinta generación) en pleno uso comercial desde 2018 utiliza bajas frecuencias del espectro, lo cual acelera velocidad de transmisión y, por tanto, multiplica la cantidad de información e impulsa la innovación de dispositivos informacionales. Pero está pendiente el futuro que apunte hacia los límites de esta invasión sociotécnica del espectro radioeléctrico, por ejemplo: es una incógnita su efecto sobre el consumo de energía o sobre la geopolítica.
- 2 Las empresas líderes son Cisco, Equinix, Huawei, IBM y Microsoft. Se trata de un mercado para ellas valuado en 284.4 miles de dólares durante 2019-2023 (Technavio, 2019).
- 3 Big Data es la tendencia tecnológica que quizá más rápidamente encontró un mercado amplio, pues su primera utilización tuvo lugar en la economía de servicios y alimentó mercados de consumo masificado (Mayer-Schöberger y Cukier, 2019).

Referencias

- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York. W. W. Norton & Co.
- Coriat, B. (1992). *Pensar al rev6s, trabajo y organizaci6n en la empresa japonesa*. M6xico: Siglo XXI Editores.
- Deloitte Digital (2018). *The Industry 4.0 paradox: Overcoming disconnects on the path to digital transformation*. Recuperado de: <https://www.deloitte.com/global/en/insights/focus/industry-4-0/challenges-on-path-to-digital-transformation/summary.html> (Fecha de consulta: 6 de mayo de 2020).
- Gokalp, M. O., Kayabay, K., Akyol, M. A., Eren, P. E., & Kocyigit, A. (2016). "Big Data for Industry 4.0: A Conceptual Framework". *2016 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)* (pp. 431-434). Recuperado el 1 de julio de 2020 de: <https://doi.org/10.1109/csci.2016.0088>
- Kaplinsky, R. (1984). *Automation: The Technology and Society*. Londres: Longman Group.
- Lee, J., Bagheri, B. Hung-AnKao (2015). "A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-Based Manufacturing Systems". *Manufacturing Letters* (pp. 18-23), (3). Recuperado el 10 de junio de 2020 de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221384631400025X?via%3Dihub>
- Lu, Y. (2017). "Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues". *J. Ind. Inf. Integr* (pp. 1-10). (6). Recuperado el 10 de junio de 2020 de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Markets and Markets (2020). *The Industry 4.0 Market*. Recuperado de: <https://www.rcrwireless.com/20170714/fundamentals/is-there-a-limit-to-how-fast-the-internet-can-become> (Fecha de consulta: 7 de mayo de 2020).
- McKinsey Global Institute. (2017). *Un futuro que funciona: automatizaci6n, empleo y productividad*. Recuperado de: <https://ciss-bienestar.org/wp-content/uploads/2019/04/Un-futuro-que-funciona-automatizacion-empleo-y-productividad-1.pdf> (Fecha de consulta: 14 de mayo de 2020)
- Navarro-Ortiz, J., Sendra, S., Ameigeiras, P., & Lopez-Soler, J. M. (2018). "Integration of LoRaWAN and 4G/5G for the Industrial Internet of Things". *IEEE Communications Magazine* (pp. 60-67), 56(2). Recuperado el 15 de mayo de 2020 de: <https://doi.org/10.1109/mcom.2018.1700625>
- OECD (2019). *Digitalisation and productivity, a Story of Complementarities*. Recuperado de: <http://www.oecd.org/economy/outlook/digitalisation-and-productivity-complementarities> (Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020).
- Osmundsen, K., Iden, J. & Bygstadt, B. (2018). *Digital Transformation: Drivers, Success Factors and Implications. 12Th Mediterranean Conference on Information Systems*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/330397210-DIGITAL_TRANSFORMATION_DRIVERS_SUCCESS_FACTORS_AND_IMPLICATIONS (Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020).
- Mayer-Sch6berger, V. & Cukier, K. (2019). *Big data, la revoluci6n de los datos masivos*. Madrid: Turner Publicaciones.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revoluci6n industrial*. Barcelona: Penguin Random House.
- Technavio (2019). *Global Data Center Market Outlook 2019-2023*. Recuperado de: <https://www.businesswire.com/news/home/20190823005139/en/Global-Data-Center-Market-Outlook-2019-2023-17> (Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020)
- UNCTAD (2019). *Digital Economy Report*. Recuperado de: https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/der2019_overview_en.pdf (Fecha de consulta: 26 de mayo de 2020).