

LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y SUS DESAFÍOS PARA MÉXICO

Sergio Jacinto Alejo-López

Las cuatro revoluciones industriales

Nunca en la historia, el hombre de calle y de campo, de familia ordinaria y numerosa, así como de trabajo común y corriente ya sea de obrero, campesino o artesano, experimentó un cambio en su forma de vida como en el siglo XIX. El crecimiento continuo de la economía, la gestión gubernamental y el papel de la sociedad, impactaron de manera decisiva en la renta per cápita. Gracias a la productividad y capacidad agrícola lograda, así como a las nuevas formas de propiedad de la tierra y a la naciente, pero ya mecanizada industria, con una organización especializada del trabajo, reduciendo los tiempos de producción de mercancías y gracias también a la generación y contribución de conocimientos más científicos, lo hicieron posible (Lucas, 2002).

La primera revolución industrial tuvo como peculiaridad esencial el paso de formas de trabajo agrícola y de pastoreo, que, sustentadas en el esfuerzo físico y la experiencia heredada de generación en generación, a una forma de trabajo sostenida en el intercambio comercial y la producción industrial, sustituyendo los principios de un conocimiento empírico a una ideología racional. Anteriormente todo se soportaba con la mano de obra, las empresas grandes se catalogaban aquellas que tuvieran mayor personal, maquinaria más moderna, en la actualidad, ahora es la que tenga mayor gestión del conocimiento en campos como la física, la química y la biología (Amézquita, 2018).

La segunda revolución industrial se desarrolla a la par de la primera guerra mundial, con el avión, el automóvil, el descubrimiento del zinc, el cobre, el níquel, y el manganeso para para la industria eléctrica, los fertilizantes químicos en

la agricultura, el cemento para el crecimiento acelerado de la urbanización y la demografía, sin olvidar la pila eléctrica y el gas para la iluminación los hogares (Sánchez, 2019).

Respecto a la tercera revolución industrial destacaríamos el comienzo de la utilización de energías renovables, como por ejemplo la energía eólica, solar o hidráulica; las innovaciones en los medios y procesos de almacenamiento de energía, como baterías recargables o pilas de hidrógeno; el desarrollo de la red eléctrica inteligente o red de distribución de energía. Esta revolución se vio impulsada por los grandes problemas en el cambio climático, originados por la actividad industrial, asentada en los combustibles fósiles, procurando un aumento de la financiación a la investigación de la ciencia y la tecnología (Rifkin, 2011).

La cuarta revolución industrial se caracteriza por la creación de nuevos modelos de negocio, integración de operaciones en tiempo real, educación de costos, economía de energía, sostenibilidad, disminución de errores, aumento de la productividad, optimización de la eficiencia (Calatayud y Katz, 2019). La diferencia entre la cuarta revolución industrial y las revoluciones industriales anteriores se hace patente en las principales tecnologías que caracterizan a esta última revolución industrial, como son el Internet de las Cosas (IoT) que se refiere al conjunto de sensores, dispositivos y redes que conectan objetos con sistemas de computación. También está la analítica de big data, que consiste en procesar bases de datos muy extensas, a fin de encontrar correlaciones de causalidad. La inteligencia artificial es otra tecnología que, mediante determinados algoritmos, permite que un ordenador aprenda rutinas sin estar necesariamente preprogramadas. La robótica es un sistema de aplicación de tecnologías digitales a procesos manuales repetitivos, permitiendo su automatización. Por último, tenemos la impresión 3D que permite la creación de objetos mediante la impresión sucesiva de capas de material que se adhieren para dar forma al objeto, según el diseño digital del mismo (Calatayud y Katz, 2019).

En resumen, la primera revolución industrial se caracterizó por la aplicación de máquinas vapor en la producción, la segunda utilizó la electricidad para posibilitar la producción de masa, la tercera empleó la informática para automatizar procesos y la cuarta se basa en tecno-

logías digitales convergentes, comenzando a erosionar los límites entre los espacios físicos y digitales, para así crear beneficios económicos importantes (Schwab, 2016).

Los efectos de la cuarta revolución industrial

Los efectos de la cuarta revolución industrial dependen en gran medida de los contextos específicos, como son la toma de decisiones de acuerdo con los recursos humanos, financieros y de conocimiento disponibles por las organizaciones, los gobiernos y las comunidades sociales. En general, la cuarta revolución industrial como todos los fenómenos creados por la dinámica social y tecnológica mundial, debiera procurar el aumento del nivel de ingresos de la población y mejorar su calidad de vida, este es el primer gran desafío para la humanidad. Sin embargo, depende mucho de aumentar la eficacia en la gestión de insumos y recursos; de mejorar la eficiencia en la gestión de resultados y satisfactores, así como de los costos y los precios de los bienes y servicios con un enfoque de respeto a los derechos humanos y la sustentabilidad del planeta (Flores, 2020).

El Foro Económico Mundial (FEM), considera algunos factores clave para obtener mejores resultados de la industria 4.0 en el mundo, destacando, en primer lugar, la ética e identidad en tópicos como la inteligencia artificial, los valores, el arte y la cultura, las ciencias del comportamiento, el marco legal y de justicia, principalmente. De igual forma debiera permitirse marcos de confianza, responsabilidad y valoración mediante la gobernanza ágil de las tecnologías en beneficio de tecnologías para el bienestar general de la población. Sin embargo, uno de los retos sociales más relevantes por atender es la inequidad al examinar el impacto en la introducción de innovaciones tecnológicas, la formación especializada, la generación y desaparición de empleos (Flores, 2020).

Añade el FEM, que también implica un desafío de la industria 4.0, la disrupción en los negocios, con la aplicación de modelos de comunicación digital para la generación de ganancias y afortunadamente generando dinámicas de creación de nuevos empleos, pero

igualmente de la desaparición de muchos otros, por las capacidades requeridas. Asimismo, hay factores muy delicados que hay que reflexionar y recapacitar por su elevado riesgo, como la seguridad de las naciones con tecnología de guerra y armamentos, pero alentar factores amigables y esperanzadores como las sinergias entre innovación y productividad, incluyendo el emprendimiento. Un desafío importante, es contemplar la colaboración entre disciplinas que ha generado nuevas fronteras de conocimiento, teniendo como base la capacidad de digitalización (Flores, 2020).

En esta dimensión, la cuarta revolución industrial con el uso de nuevas tecnologías, la automatización y la manufactura avanzada para el impulso de la competitividad internacional, presenta muchas ventajas como la mejora de la productividad por la optimización de los procesos que se llevan a cabo en las organizaciones. Al mismo tiempo, proporciona más seguridad al introducir máquinas o robots en entornos peligrosos. Tampoco se debe olvidar el beneficio de realizar una gestión eficiente de los datos y definir personas autorizadas para su acceso y poder mejorar la toma de decisiones, aumentando así competitividad empresarial (Quintero, 2022). Para tener una idea sobre el impacto en el incremento exponencial de estas tecnologías, los parámetros para medir la inteligencia artificial pasaron de solo 255 en 1955 a 1,6 billones en 2022. A medida que se extiende su uso, la inteligencia artificial, ofrece a los países en desarrollo nuevas oportunidades con sus aplicaciones en las áreas de educación, transporte, sostenibilidad y muchas otras (World Bank, 2024).

Sin embargo, la Industria 4.0, del mismo modo, tiene muchas desventajas en algunos países y sectores, como la escasez de talento esencial para aplicar eficientemente las nuevas tecnologías. También se puede identificar, la desactualización de muchas empresas, por la velocidad de los cambios tecnológicos y en el aspecto de las poblaciones, los avances industriales pueden incrementar la desigualdad social. En cuanto a la sustentabilidad y limpieza del ambiente, al ir creando nuevas versiones de productos por su obsolescencia, también hay un incremento de residuos, propiciando una inmensa contaminación (Quintero (2022).

La digitalización en el mundo

El Banco Mundial en el informe “Digital Progress and Trends Report 2023” valora los progresos de la digitalización en todo el mundo, así como la producción y el uso de tecnologías digitales, lo que abarca desde los empleos digitales, las exportaciones de servicios digitales y el desarrollo de aplicaciones hasta el manejo, la asequibilidad y la calidad de internet, entre otros temas. En una comparación de datos acerca de la situación que guarda la digitalización tecnológica en países de ingreso alto y los de ingreso bajo, según este informe menciona sobre el uso de internet y la expansión de la brecha digital entre los países de ingreso alto y los de ingreso 2022, más del 90% de los habitantes de los países ricos estaban conectados, mientras que solamente el 26% en los países pobres. En referencia a las brechas en el tráfico de internet per cápita entre los distintos grupos de ingreso al igual que el uso del internet, aumentó durante la pandemia de COVID-19. Por ejemplo, en 2022, el tráfico medio de banda ancha móvil per cápita en los países ricos era 20 veces más alto y el de banda ancha fija, 1700 veces más alto que en las naciones de ingresos bajos. Así también en las descargas de aplicaciones en todos los sectores socioeconómicos aumentaron a partir del confinamiento por la COVID-19, por ejemplo, algunas aplicaciones empresariales aumentaron un 60% en los tres meses posteriores al brote de la pandemia (World Bank, 2024).

También se observa, según el Banco Mundial, que la proporción de empresas que invirtieron en 2022 en soluciones digitales se cuadruplicó en la región Asiática Oriental y del Pacífico, en cambio en otras regiones las inversiones promedio fueron del 30% de las empresas solamente. En relación con el desarrollo de *software* y la consultoría tecnológica, ascendió dos veces más rápido que la economía mundial y creó empleos a una tasa seis veces mayor que dicha economía mundial, concentrada principalmente en Estados Unidos, China, India, Japón, Alemania y Reino Unido representaron el 70% del valor agregado mundial de estos servicios. Lo mismo sucede con las exportaciones de servicios de tecnologías de la información que abarcan desde el desarrollo de software hasta la computación en la nube y el procesamiento

de datos. Los países en desarrollo de la región de Asia oriental y el Pacífico, como es el caso de China, incrementaron dichas exportaciones más de 17 veces entre 2005 y 2022 (World Bank, 2024).

Entre 2020 y 2022, las empresas digitales de los países de ingreso bajo y mediano recibieron financiamiento de capital de riesgo, por lo que el mercado de las aplicaciones se está volviendo cada vez más local. Así nos damos cuenta de que los puntos de intercambio de internet (IXP) que facilitan la conexión al tráfico global de internet, además son cruciales para la computación en la nube, el análisis de grandes volúmenes de datos y la inteligencia artificial, en 2022, los países de ingreso alto representaban alrededor del 60% de los IXP públicos a nivel mundial y casi tres cuartas partes de los centros de datos conectados. En lo que concierne a los IXP, están muy concentrados en los países de ingreso alto, estimándose que 850 millones de personas en el mundo, aún carecen de una identificación oficial y otros 220 millones no tienen un registro digital de su identidad. Para 2021, casi todos los adultos de los países ricos adoptaron los pagos digitales, mientras que solo el 37%, en los países de ingreso bajo (World Bank, 2024).

Los desafíos de la competitividad y digitalización en México

El INEGI (2023) señala que en México existen 5 millones 541,076 negocios, de los cuales el 98.7% son micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) de acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2023) y son un motor importante para el país. En el caso de las pequeñas y medianas empresas representan el motor económico del país, con casi 4.1 millones de establecimientos, de acuerdo con el INEGI (2019) aportan un 42% del Producto Interno Bruto (PIB) y generan el 78% del empleo nacional. Para tener una idea más clara, del total de ingresos que generan las empresas y los establecimientos en el país, 14.2% fueron producidos por los micronegocios, 16.1% por los pequeños, 21.9% por los medianos y 47.8% por los grandes negocios (INEGI, 2020).

La pandemia por COVID-19 fue un contexto determinante y empujó a muchas MiPymes a tener que aprender a tomar decisiones para

desarrollar aplicaciones en línea, como son las ventas y las compras por internet, videoconferencias y los servicios en la nube, por mencionar la gran oferta de medios en el mundo digital. En cuanto al uso de tecnologías, se encontró que 23.1% de los establecimientos contaron con equipo de cómputo para realizar sus actividades, en tanto que el 20.4% dispuso con servicio de Internet. De los establecimientos micro, 19.8% reportaron contar con equipo de cómputo y 17.2% señalaron haber usado Internet para desarrollar sus actividades; de los negocios pequeños, 84.6% contaron con equipo de cómputo y 81.2% usaron Internet; y en los negocios medianos, 95.6% reportó contar con equipo de cómputo y 91.9% hicieron uso de Internet (INEGI, 2020).

México en relación con la difusión de las tecnologías digitales en el entorno social y en la producción de bienes y servicios, está muy por debajo que otros países, debido a que las empresas no innovan de la misma manera, ni cuentan con infraestructuras y consensos sociales para generar confianza e información para que las personas y las organizaciones gestionen los riesgos de seguridad y privacidad digital (Casalet, 2020). Así lo muestran datos de competitividad y digitalización proporcionados por distintas instituciones, como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la posición de México respecto a otros países de América Latina como Chile, Uruguay y países de la OCDE en Europa, evidencia nuestro déficit en la mayor parte de los indicadores manejados como son los índices mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 9. *México: Clasificación en términos de competitividad y digitalización. México.*

	México. Posición en América Latina	Índice	Primer país. América Latina	Primer país. OCDE
Índice de Desarrollo TIC (UIT) – 2017	11	4,9	Uruguay	Islandia
Índice de preparación de redes (WEF) – 2016	8	4	Chile	Finlandia
Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (UN) – 2018	8	0,7	Uruguay	Dinamarca

Índice de Digitalización (TAS) – 2018	9	45,8	Chile	Suiza
Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) - 2018	8	50,2	Chile	Noruega
Índice de comercio electrónico (UNCTAD) – 2016	6	49,1	Uruguay	Luxemburgo
Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) – 2012	6	5,6	Chile	Suecia
Índice de Innovación Global (Cornell-WIPO) – 2017	3	35,8	Chile	Suiza
Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) – 2014	8	4,7	Chile	Luxemburgo
Índice de Facilidad para los negocios (Banco Mundial) -2018	1	72,3	México	Nueva Zelanda
Índice de Rendimiento Logístico (Banco Mundial) – 2018	4	2,9	Chile	Alemania
Ranking de Competitividad Mundial (IMD) – 2018	2	63,7	Chile	EE. UU.

Fuente: Análisis basado en datos de UIT, WEF, UN, TAS, CAF, UNCTAD, Banco Mundial, WIPO y BID (Calatayud y Katz, 2019).

Desde la perspectiva de la adopción de la tecnología de la información, algunos indicadores presentan datos no tan halagadores en donde México está a la zaga de otros países latinoamericanos, por ejemplo, con datos del Banco Mundial (2020) en comparación con países como Brasil un 1,21%, Argentina un 0,46 y en nuestro país se invierte mucho menos en Investigación y Desarrollo 0,30% de su PIB. En este sentido como lo comenta Vergara (2023), resulta desalentador que en México no sea considerada a la innovación tecnológica como uno

de los factores imprescindibles para el crecimiento en el largo plazo, ya que está en relación directa con el financiamiento, la inversión y la formación de recursos humanos de alto nivel.

Conclusiones y reflexiones

La cuarta revolución industrial está aquí, sobre todo después de pasar la pandemia por el COVID-19, cada vez experimentamos y a menudo sin darnos cuenta, que la intervención humana en las cosas rutinarias y de la cotidianidad, se va reduciendo, cuando compramos en el supermercado, mientras nos transportamos, nos comunicamos o incluso cuando descansamos, pagamos nuestros impuestos o vamos al gimnasio. La comunicación mediante los dispositivos digitales ha creado un mundo virtual de tal modo que no sabemos dónde están los límites con el mundo real.

La automatización se extiende a pasos agigantados y con los brazos extendidos en todo el planeta, por ejemplo, con mayor frecuencia consumimos productos con una nueva imagen y empaque, nos damos cuenta de que hasta la basura que desechamos está cambiando. Algunos se resisten a la dinámica de las tecnologías digitales, otros muchos se entregan sin condición, pero al final del día queramos o no, todos los actores sociales estamos involucrados de manera pasiva o activa en el proceso de transformación digital, dependiendo de nuestros niveles de capital social, económico, y cultural, que nos permita sacar la mayor utilidad y beneficio a las oportunidades que esta forma de vida nos promete, porque de otra manera estaremos destinados a la miseria y exclusión.

Por su parte, la capacidad de adaptación de las empresas, sobre todo la pequeñas y medianas en nuestro país, enfrentan desafíos cada vez más complejos, como es la competitividad de los mercados globales y las limitadas posibilidades de participación en comparación con las grandes empresas, van al día sobreviviendo con escasos recursos financieros, humanos y de gestión necesarios para desafiar a la transformación digital. Más que nunca, se demanda de un apoyo congruente del gobierno federal y de los estados, con políticas públicas

asertivas. También de atender y resolver el tema de la violencia que se padece en todo el territorio nacional, porque desincentiva el crecimiento de los negocios, crea inestabilidad social y limita las condiciones propicias para la inversión, además, retrae la demanda y fortalece el mercado informal, al mismo tiempo de vivir experiencias de tensión y miedo de parte de las familias.

Existe un gran número de empresas pequeñas y medianas con importantes niveles de desconocimiento en la implementación y desarrollo de tecnologías digitales, pero también es de reconocer la falta de interés y de capacitación del personal para incorporarse en algunas dinámicas de la cuarta revolución industrial. Es evidente que los bajos costos de mano de obra se oponen a los beneficios económicos creados por la adopción de tecnologías digitales, más aún por falta de priorización por parte de los niveles de autoridad y la carencia de personal calificado, aunado a que muchos trabajadores muestran una resistencia cultural hacia las tecnologías digitales, ocasionada por los factores generacionales y el temor a quedar sin empleo.

Referencias

- Amézquita, P. R. (2018). *La cuarta revolución industrial y algunas implicaciones en las escuelas de negocios*. Palermo Business Review, 18, pp. 185-200. https://www.palermo.edu/economicas/cbrs/pdf/pbr18/PBR_18_10.pdf
- Banco Mundial. (2020). *Gasto en investigación y desarrollo*. (%del PIB). <https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
- Calatayud, A. y Katz, R. (2019). *Cadena de suministro 4.0: mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina*: BID.
- Casalet, M. (2020). El futuro incierto de la digitalización en México: ¿Podremos despegar? *Economía teoría y práctica*. Nueva Época, Número especial, pp. 45-68.
- Flores, D. H. (2020). *Agroindustria 4.0*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, pp. 1-24.
- INEGI. (2019). *INEGI Presenta resultados de la Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las micro, pequeñas y*

- medianas empresas (ENAPROCE) 2018*. Comunicado de prensa núm. 448/19 (2 de septiembre de 2019).
- (2020). *Estadísticas a propósito del día de las micro, pequeñas y medianas empresas (27 de junio) datos nacionales*. Comunicado de prensa núm. 285/20
 - (2023). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023*.
- Lucas, R. (2002). *Lectures on Economic Growth*. Harvard Univ Pr.
- Quintero, J. A. (2022). *Competencias digitales: Un campo de acción*. Corporación Universitaria Iberoamericana, pp. 1-9. <https://www.studocu.com/co/document/corporacion-universitaria-iberoamericana/electiva-2/actividad-2-competencias-digitales-un-campo-de-accion/39870376>
- Rifkin, J. (2011). *La Tercera Revolución Industrial*. Paidós.
- Sánchez, I. (2019). *La cuarta revolución industrial en México*. Observatorio de desarrollo. Temas críticos, 8(24), pp. 58-64. <https://estudiosdeldesarrollo.mx/observatoriodeldesarrollo/wp-content/uploads/2021/02/OD245.pdf>
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Editorial Debate.
- Vergara, D. M. (2023). Política tecnológica. Una aproximación de sus efectos en las empresas mexicanas. *Revista Pymes, Innovación y Desarrollo*, 11(3), pp. 25-38.
- World Bank. (2024). *Digital Progress and Trends Report 2023*. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-2049-6.