

La Cuarta Revolución Industrial en México

IVÁN SÁNCHEZ MARTÍNEZ*

La Industria 4.0 (I40) es una expresión que refiere a un nuevo paradigma tecnológico. En los últimos años este vocablo se ha divulgado y se ha vuelto un ícono para la industria global y diversos gobiernos. Esto ha llevado a pensar que la I40 es una nueva revolución industrial que tendrá gran influencia en la industria internacional. México es un país con ciertas características y avances que lo hacen posicionarse como un jugador dentro de esta nueva tendencia industrial. Sin embargo, el significado y la misión de esta revolución industrial aún generan confusiones y falsas interpretaciones. Por lo tanto, el cometido de este trabajo es poder dar un entendimiento elemental de la I40 y algunos datos del contexto mexicano.

Antecedentes

Cada vez la industria y la academia en diversos países se contagian de un concepto denominado Industria 4.0 (I40). Este concepto novedoso, que promete ser la evolución de la industria y una palanca de desarrollo para muchas naciones, ha caído en la sobreexplotación, en un uso comercial, político e incluso social, para poder etiquetar todo aquello tácito que se transforma en ceros y unos como arte de magia. Hoy día, todos utilizan este término a su conveniencia, siendo cierto que existe poca claridad, visibilidad y consenso de su definición. Esto es un problema, porque cualquiera se atreve a decir que estudia, investiga, desarrolla o comercializa I40.

La I40 en México es un fenómeno industrial que se está adaptando y en este momento existen pocas empresas locales que han desarrollado capacidades para proveer soluciones relacionadas con ella. Sin embargo, hay sectores que se han mantenido en crecimiento constante en los últimos

años (automotor y aeronáutica) y se han convertido en los sectores más prometedores y prominentes de la economía mexicana. La complejidad de sus procesos de valor agregado los convierte en los mejores candidatos para adoptar e innovar en las tecnologías de la I40 y así aumentar la eficiencia de la producción, tanto en la fabricación como en la prestación del servicio. Esto implica que México se integre a esta nueva corriente industrial con el fin de pasar de un modelo de bajo costo a uno de alto valor agregado basado en la flexibilidad tecnológica y los servicios posventa. De no poder integrarse a la nueva revolución industrial, las empresas de los sectores clave carecerían de la mano de obra e infraestructura que demanda el mercado global; por lo tanto, las diferentes empresas relacionadas podrían ser obsoletas y causar un problema de desempleo en el país. Por lo tanto, definir este término y dar claridad o abrir un debate de lo qué es y cómo es puede dar luz para comprender esta tendencia industrial en un contexto como el nuestro.

* Analista de innovación, Grupo Rotoplas

Origen

Este concepto surge en el continente europeo como una iniciativa estratégica que adoptó el gobierno alemán como parte de su estrategia de alta tecnología para el año 2020. Como antecedente inicial esta propuesta fue lanzada por el Grupo de Promotores de Comunicación de la Industria-Ciencia, las recomendaciones de implementación fueron formuladas por el grupo de trabajo de la I40 bajo la coordinación de la Academia Alemana de Ciencia e Ingeniería (Acatech).¹ En el año 2013 esta iniciativa se presentó y fue el tema central de la feria industrial de Hannover. A raíz del rotundo éxito de la propuesta el gobierno alemán, de manera acelerada, ascendió esta iniciativa estratégica a una estrategia nacional. Durante los últimos años, este término se ha divulgado alrededor del mundo, convirtiéndose «en un punto de acceso (*hotspot*) para la mayoría de las industrias globales y la industria de la información».²

Hablando de una manera más práctica, la *Industrie 4.0* se refiere a la evolución tecnológica de los sistemas integrados a los sistemas ciber-físicos (SCF): «En pocas palabras, la I40 representa la cuarta revolución industrial que se aproxima en el camino hacia un internet de las cosas, los datos y los servicios».³ La idea detrás de este término es que las primeras tres revoluciones industriales surgieron como resultado de la mecanización, la electricidad y la TI. Ahora, la introducción de internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) y los SCF en el entorno de fabricación, está marcando el comienzo de una cuarta revolución industrial,⁴ como puede verse en la figura 1.

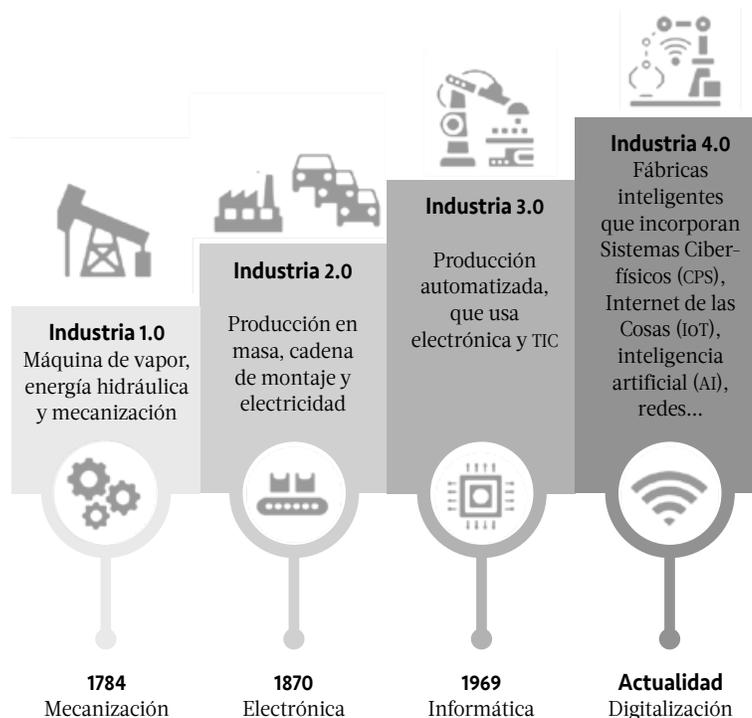
¹ Henning Kagermann, Wolfgang Wahlster y Johannes Helbig, «Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0», Final report of the Industrie 4.0, Munich, National Academy of Science and Engineering, 2013.

² Keliang Zhou, Taigang Liu y Lifeng Zhou, «Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges», 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2016, p. 2147.

³ William MacDougall, *Industrie 4.0: Smart manufacturing for the future*, Berlin, Germany Trade & Invest, 2014, p. 6.

⁴ Stephan Weyer, Mathias Schmitt, Moritz Ohmer y Dominic Gorecky, «Towards industry 4.0. Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems», *IFAC-PapersOnLine*, vol. 28, núm. 3, 2015, p. 581.

Figura 1. La Cuarta Revolución Industrial



Fuente: M. Luther, «Africa must adapt to new business models», *Daily Monitor*, 2019.

Definición

Cuando hablamos del término Industria 4.0 (I40) nos referimos colectivamente a una amplia gama de conceptos actuales como empresa inteligente, SCF autoorganización, nuevos sistemas de distribución y adquisición, nuevos sistemas de desarrollo de productos y servicios, adaptación a las necesidades humanas, responsabilidad social corporativa, y cuarta revolución industrial.⁵

Esta nueva revolución industrial significa un salto cualitativo en las empresas que promete transformar radicalmente las cadenas de valor de la industria, la producción y los modelos de negocio.⁶ Ofrece beneficios tangibles para el sector privado y social como el aumento de la calidad de los productos, la ampliación de la productividad, la flexibilidad de la producción, productos más rápidos en el mercado, las condiciones de trabajo, la accesibilidad y la protección al medioambiente.⁷

Por lo tanto, la I40 «es un enfoque prometedor basado en la combinación de los procesos comerciales y de fabricación, así como la

⁵ Heiner Lasi [Peter Fettke, Thomas Feld y Michael Hoffmann], «Industry 4.0», *Business and Information Systems Engineering*, vol. 6, núm. 4, pp. 239-242.

⁶ Demetrius Klitou, Johannes Conrads y Morten Rasmussen, «Germany: Industrie 4.0», *Digital Transformation Monitor*, Munich, European Union, 2017.

⁷ Ian Colotla, Anders Fæste, Ailke Heidemann, Alexandra Winther, Peter Andersen, Tore Duvold y Michel Hansen, *Winning the Industry 4.0 race. How ready are Danish manufacturers?*, Copenhagen, The Boston Consulting Group, p. 10.

unificación de todos los actores en la cadena de valor de la empresa (proveedores y clientes)». ⁸ De cierta forma, es un conglomerado de conceptos que comprende una sinergia entre el aprovechamiento del potencial tecnológico y económico existente, además de ser un proceso sistemático de innovación basado en las habilidades, el rendimiento y los conocimientos de la fuerza laboral de una nación u organización.

Objetivos de la Industria 4.0

A pesar de la diversidad teórica y conceptualización de esta nueva tendencia industrial, la experiencia y la literatura marcan que existen aún muchos vacíos y diversidad en el significado. Por lo cual, para vislumbrar de mejor forma los alcances y perfiles de esta nueva revolución industrial consideramos los siguientes puntos como los objetivos clave de esta transformación industrial:

- Transformación digital de la producción y comunicación industrial.
- Encadenamiento, optimización y flexibilización de la cadena de valor.
- Producción descentralizada (colaborativa), efectiva, flexible, sustentable y con mayor personalización.
- «Mayor calidad del producto, menor tiempo de lanzamiento del producto, nuevos servicios y modelos de negocio». ⁹

Desde nuestra visión estos son los ejes que guían la cuarta revolución, lo cual queda abierto a controversia y a retroalimentación para su consolidación. Si bien dichos objetivos están centralizados en la industria (su origen y foco principal), podemos tomar otros ejes como el social y el educativo, que pueden caber, dependiendo de la perspectiva desde la que se mire a esta tendencia industrial.

La tecnología habilitadora

En el siglo XXI diversas tecnologías han salido al mercado y con ello las empresas han tenido que evolucionar y fortalecerse para no quedarse obsoletas en esta evolución tecnológica. Un error común que se tiene al incursionar en el nuevo nicho de oportunidades es asimilar esa nueva revolución como una o varias tecnologías. Es un hecho que las tecnologías desempeñan un papel trascendental dentro del nuevo enfoque industrial, sin embargo, la tecnología sólo es un elemento habilitador para poder transformar las organizaciones y la industria.

Es muy general el término «tecnologías», sin embargo, hablamos de tecnologías emergentes que pueden detonar nuevos paradigmas

y direccionar esta transformación ciber-física. Por lo tanto, la I40 o cuarta revolución industrial define un conjunto de tecnologías que optimizan y mejoran los procesos de producción en las empresas y sus cadenas de suministros, y existen diversos intentos de catalogar dichas tecnologías. ^{10 11 12 13 14} Un ejemplo claro de ese ejercicio es el enfoque de Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial, que considera que las tecnologías relacionadas con I40 pueden vislumbrarse en megatendencias agrupadas en tres grupos: físico, digital y biológico.

En el grupo «físico» existen cuatro principales megatendencias: vehículos autónomos, impresión 3D, robótica avanzada y nuevos materiales. En el «digital» nos encontramos con tecnología como IoT, sensores, monitoreo remoto y *blockchain*. En el «biológico», la biología sintética, máquina de secuenciación de ADN, métodos de edición y terapias de genes, bioimpresión y neurotecnología.

Para Schwab, la cuarta revolución industrial es una transformación que no se ve únicamente reflejada en las empresas, sino que es un cambio que tiene impacto en la economía, los negocios, la sociedad, el individuo, el país y el mundo. Considera un cambio integral para la humanidad, su visión es que esta nueva revolución trae consigo un conjunto de cambios sistemáticos con ventajas y desventajas para la sociedad en general, lo cual claramente puede guiar el enfoque político, por su pensamiento holístico del fenómeno. ¹⁵

En contraparte, existe una visión tecnológica centrada en la industria, para ello tomaremos en cuenta el trabajo del Boston Consulting Group, ¹⁶ que define nueve tecnologías como guías o pilares estratégicos para esta tendencia industrial. Lo cual es algo abstracto y útil para entender aquellas

⁸ Andreja Rojko, «Industry 4.0 concept: Background and overview», *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 11, núm. 5, 2017, p. 77.

⁹ ENISA, *Good practices for security of Internet of Things in the context of smart manufacturing*, Greece, European Union Agency for Network and Information Security, 2018, p. 13.

¹⁰ Jose del Val, *INDUSTRIA 4.0. La transformación digital de la industria*, Coddii, Bilbao, 2016, pp. 7-9.

¹¹ *Ibid.*, pp. 19-26.

¹² Michael Rüßmann, Markus Lorenz, Phillip Gerbert *et al.*, *Industry 4.0. The future of productivity and growth in manufacturing*, Munich, The Boston Consulting Group, 2015, p. 4-7.

¹³ Klaus Schwab, *The Fourth Industrial Revolution*, Switzerland, World Economic Forum, 2016, pp. 19-30.

¹⁴ *Ibid.*, pp. 2150-2151.

¹⁵ *Ibid.*, pp. 19-30.

¹⁶ *Ibid.*, pp. 4-7.

tecnologías que pueden detonar procesos de transformación digital en las organizaciones.

Figura 2. Nueve tecnologías que están transformando la producción industrial



Fuente: Michael Rüßmann, Markus Lorenz, Phillip Gerbert *et al.*, *op. cit.*, p. 3.

Al final del día hay que dejar en claro que, a pesar del enfoque tecnológico que se pueda tomar, la I40 es un nuevo paradigma de producción y tecnología que combina lo digital, lo mecánico e, incluso, lo biológico, con el fin de lograr una eficiencia productiva sin precedentes y productos y servicios innovadores.

México 4.0

La cuarta revolución industrial es un fenómeno industrial que se ha divulgado a diferentes países, por las peculiaridades de cada contexto cada país enfrenta diferentes circunstancias y características peculiares para alinearse a esta nueva tendencia industrial. En países en desarrollo es un doble desafío debido al tejido industrial, la dependencia a tecnologías extranjeras y diversas variables que dependen del sistema. A pesar de que esta corriente tiene muy poco de existir, países como México han tratado de configurar y centrar sus esfuerzos para acoplarse a esta tendencia industrial.

Es preciso aclarar que no buscamos ser Industria 4.0 (I40), sino que buscamos competir con nuestras capacidades y desarrollar un modelo industrial que cumpla con los objetivos establecidos anteriormente y las necesidades de manufactura actual en el mundo,

esto con la finalidad de apalancar el desarrollo a través de la industria, el desarrollo tecnológico y la innovación.

Dentro del contexto mexicano no existe un padrón de organizaciones de I40 o características determinantes de empresas relacionadas a esta tendencia, existe un ciento de organizaciones y clústeres que empiezan a desarrollar actividades relacionadas con la cuarta revolución industrial. Obviamente, al estar esta tendencia en un proceso de difusión y generación de capacidades en el país, los insumos de información son limitados. Sin embargo, han existido algunos esfuerzos de la Secretaría de Economía en México,¹⁷ organizaciones intermediarias¹⁸ e internacionales,¹⁹ que intentan caracterizar el panorama de esta nueva tendencia industrial en el país.

Hay que dejar en claro que México no es indiferente a esos temas, la manufactura mexicana tiene el potencial para adaptarse al nuevo cambio industrial. México es exportador líder de tecnologías complejas y productos manufacturados de alta tecnología en el mundo.²⁰ Actualmente, México tiene 34 clústeres que implantan tecnologías de la I40 y soluciones de IoT.²¹ Asimismo, existen nichos maduros que han incorporado prácticas de I40 gracias a la inversión extranjera en industrias como la automotriz, la aeroespacial y la electrónica-eléctrica.²² Además, México se posiciona como el tercer lugar del índice de transformación digital,²³ lo cual demuestra la capacidad para poder afrontar los retos de la nueva revolución industrial.

¹⁷ Ministry of Economy, *Crafting the future: a roadmap for industry 4.0 in Mexico*, Mexico City, Ministry of Economy, 2016.

¹⁸ Proméxico, *General overview: partner country 2018 Mexico*, Mexico City, Ministry of Economy, 2018; Proméxico, *México in your pocket for Hannover Messe*, Mexico City, Ministry of Economy, 2018.

¹⁹ Deutsche Messe, *Hannover Messe: partner countries in retrospect. A decade, 2008-2018*, Hannover, Deutsche Messe, 2018.

²⁰ *Ibid.*, pp. 4-7.

²¹ *Ibid.*, p. 1.

²² Mauricio Gonzales, «La industria 4.0, la revolución que la manufactura mexicana necesita», *Expansión*, en <http://expansion.mx/opinion/2017/06/02/opinion-la-industria-40-la-revolucion-que-la-manufactura-mexicana-necesita>, 2 de junio de 2017.

²³ Deutsche Messe, *op. cit.*, pp. 4-7.

Cuadro 1. Nueve tecnologías que están transformando la producción industrial

Tecnología	Descripción
 Robots autónomos	<p>Un robot es una entidad virtual o mecánica artificial. Los robots autónomos por ende son entes físicos e independientes, capaces de detectar, pensar y actuar de manera «inteligente». Estos agentes están sujetos a leyes físicas y a desperfectos a nivel <i>software</i> y <i>hardware</i>. Algunas características de estos robots son la flexibilidad, la autonomía, la seguridad y el trabajo cooperativo (robot-robot y robot-humano).</p>
 Simulación	<p>La simulación es un programa de computadora que tiene como fin crear un entorno real o hipotético en dos o tres dimensiones. Las simulaciones usualmente se utilizan para determinar el mejor diseño posible para los productos, materiales y procesos de producción.</p>
 Sistemas de integración horizontal y vertical	<p>Es una propuesta que abarca las empresas, la producción, los proveedores y los clientes. Al hablar de la integración horizontal nos referimos a una conexión entre las unidades de producción o las diferentes máquinas existentes. En el caso la integración vertical, lo que se refiere es al control de las diferentes partes de la cadena de suministro. Lo que se busca con esta tecnología es la automatización de las cadenas de valor.</p>
 Internet industrial de las cosas	<p>Puede considerarse como una red basada en tecnologías de comunicación, sensoriales, red y procesamiento de información que integra máquinas, análisis avanzados y personas. Su uso facilita la generación de sistemas de monitoreo, recopilación, intercambio, análisis y envío de información valiosa en la industria.</p>
 Ciberseguridad	<p>Es un conjunto de tecnologías, procesos y controles que están diseñados para analizar y gestionar los riesgos asociados al ciberespacio (conjunto de medios y procedimientos basados en las TIC y configurados para la prestación de servicios, Fojón y Sanz, 2010:2).</p>
 La nube	<p>Es un sistema de servicios bajo demanda que permite acceder a un grupo compartido de recursos informáticos configurables a través de una conexión de internet. Este servicio es un centro de datos accesible, escalable y ubicuo que permite el almacenamiento de datos, aplicaciones de software, procesamiento remoto de datos, repositorio de contenido, entornos colaborativos y hosting (alojamiento), entre otros.</p>
 Fabricación aditiva	<p>La fabricación aditiva o impresión 3D es una tecnología enfocada a la creación rápida de prototipos y producir componentes individuales. El principio básico de esta tecnología es la fabricación de componentes 3D a partir de modelos desarrollados a través de un sistema de Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés).</p>
 Realidad Aumentada	<p>La Realidad Aumentada (RA) es una variante de la realidad virtual que consiste en la utilización de tecnologías que permiten la combinación del mundo real con elementos virtuales. Las características de la RA son las siguientes: Combina lo real y lo virtual; es interactivo en tiempo real; y está registrado en tres dimensiones.</p>
 Análítica y big data	<p>Es el proceso que permite a las organizaciones analizar grandes cantidades de datos (que por su volumen, variabilidad y velocidad dificulta su procesamiento) con el fin de obtener información que ayude a la toma de decisiones.</p>

Fuente: elaboración propia con datos de Essentra, «The 9 technologies behind Industry 4.0», UK, Knowledge Centre/Essentra Components, 2018, en <https://www.essentracomponents.com/en-gb/news/news-articles/the-9-technologies-behind-industry-40>



En el año 2018, México fue «el primer país de habla hispana en actuar como país asociado en Hannover Messe, y también el primer país de América Latina en asumir este rol».²⁴ La presencia de México en la muestra tecnológica más grande del mundo constó de alrededor de 240 empresas y diversos pabellones en sectores de I+D, tecnología, energía e I40. Es importante mencionar que en el año 2019 se llevó a cabo por primera vez una edición de la Hannover Messe en el continente americano denominada Industrial Transformation Mexico, lo cual habla del interés de las organizaciones teutonas y mexicanas para apuntalar esta transformación en la nación.

Pero no es todo, desde el año 2016 la Secretaría de Economía de México puso en marcha un programa relacionado con la I40 denominado «Industria 4.0 MX». Este programa intentó crear la ruta para que la industria se adaptara a los procesos productivos que demandan las nuevas tendencias. La principal área donde se hace hincapié es la manufactura, debido a que México es ampliamente reconocido como un centro de manufactura de clase mundial que exporta más de mil millones de dólares por día. Y hasta el último trimestre del año 2017 sólo esta actividad aportó 95% de su producto interno bruto (PIB) y 27% proviene de la exportación de manufactura avanzada.²⁵

²⁴ Deutsche Messe, *op. cit.*, p. 21.

²⁵ Silvia Sánchez, «27% del PIB de México viene de la manufactura avanzada», *Manufactura*, 8 de noviembre de 2017, en

Esta ruta que se menciona se plasmó en un mapa de ruta para la I40 en México. Uno de los principales hallazgos de este ejercicio es que los sectores más representativos de la manufactura en México para incorporarse a esta nueva revolución industrial son: el sector automotor, debido a las capacidades productivas y tecnológicas desarrolladas, el alto volumen de producción y baja mezcla de productos; el sector aeroespacial, porque es un sector que está comenzando a generar capacidades en la adopción de nuevas tecnologías y el desarrollo de nuevas capacidades de alta mezcla y bajo volumen; y el sector químico, debido al impulso energético y a los desafíos que representa en el paradigma de la producción continua.²⁶

Actualmente, existe una nueva política industrial que intenta integrar y fortalecer la industria nacional teniendo como expectativa poder generar una propia revolución industrial mexicana que sea capaz de lograr competir y alcanzar esta cuarta revolución industrial a través de la innovación, inclusión y diversificación.²⁷ Esperemos con el tiempo las adecuaciones, la articulación con otras políticas y programas, para juzgar el actuar de este instrumento.

<http://www.manufactura.mx/industria/2017/11/08/27-del-pib-de-mexico-viene-de-la-manufactura-avanzada>

²⁶ Deutsche Messe, *op. cit.*, pp. 50-65.

²⁷ Leticia Hernández, «Secretaría de Economía lanza nueva Política Industrial», *El Financiero*, 3 de octubre de 2019, en <https://elfinanciero.com.mx/economia/secretaria-de-economia-lanza-nueva-politica-industrial>

Si México logra adoptar estas nuevas tendencias, las empresas podrían beneficiarse del nuevo ecosistema productivo y aumentar la oferta de valor agregado de sus actividades; de lo contrario podrían quedar obsoletos.

Conclusiones

La Industria 4.0 (I40) es una nueva tendencia industrial que está transformando los sectores industriales. A pesar de su gran divulgación e importancia en diferentes áreas nos deja entrever que existe una gran confusión y diversidad en su concepto y su modo de ver la integración en las nuevas empresas. Si bien diversos organismos han definido un conjunto de tecnologías relacionadas a esa tendencia, éstas sólo son un punto de referencia para alinear y buscar nuevas oportunidades en la sinergia tecnológica.

En el caso de la industria mexicana, hoy existen ciertas capacidades y sectores industriales que nos pueden ayudar a dar un salto cuantitativo y trascender a este nuevo ecosistema digital. Por lo tanto, México debe estar preparado para generar innovaciones en diferentes industrias, especialmente aquellas de naturaleza manufacturera. Si logran adoptar estas nuevas tendencias, las empresas podrían beneficiarse del nuevo ecosistema productivo y aumentar la oferta de valor agregado de sus actividades; de lo contrario podrían quedar obsoletas.

La brecha hacia esta cuarta revolución no es tan amplia como uno se puede imaginar. México es un productor de clase mundial de bienes y servicios de alta calidad y un jugador estratégico en la exportación de alta y mediana tecnología en América

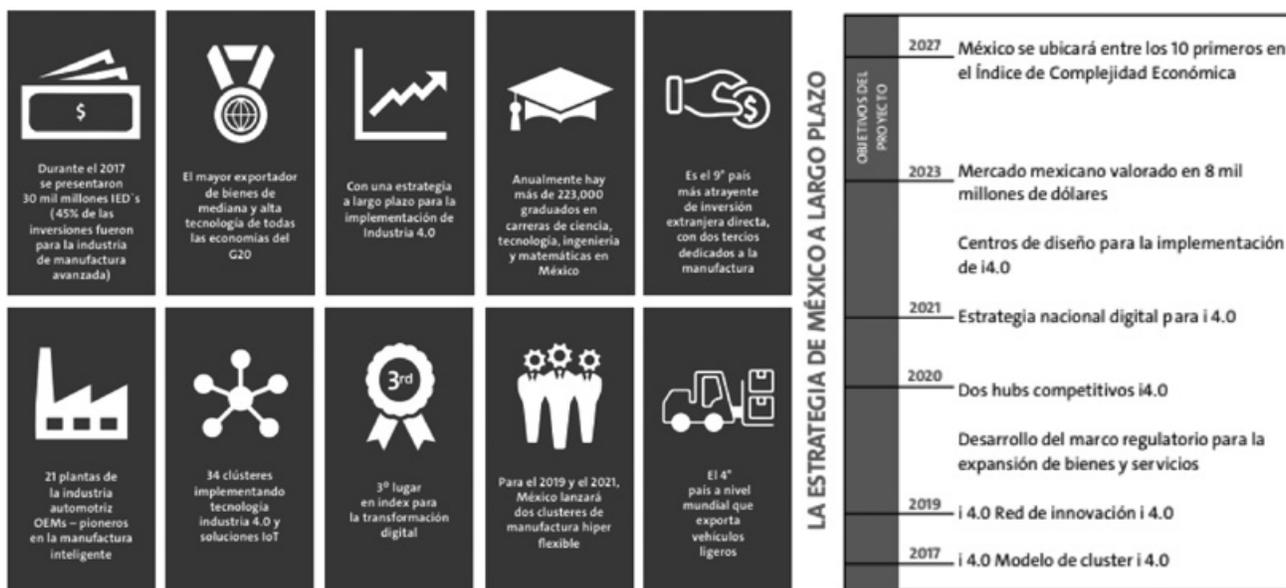
Latina. Por lo tanto, la economía de este país tiene muchas ventajas que, aprovechadas adecuadamente, acelerarán la implementación de las tecnologías I40, adaptándose a los modelos productivos y fortalezas de la nación.

Organismos públicos y privados han desarrollado propuestas para la adaptación de esta tendencia en el país en sectores como el automotor, el aeronáutico y el químico; ello con el fin de perfeccionar las ventajas competitivas en México y alinearlas mejor con las cadenas globales de innovación y producción industrial.

Las industrias manufactureras de México enfrentan uno de sus mayores desafíos: para continuar con un ritmo acelerado de crecimiento deben pasar de los procesos de fabricación convencionales a las plataformas digitales y ciber-físicas; sin embargo, la confusión que existe sobre la I40, la falta de cooperación de los empresarios, la maquinaria anticuada que existe en las empresas y las pocas propuestas de gobiernos locales, son factores que pueden dañar e inhabilitar el desarrollo de esta nueva revolución industrial en México.

Por último, es necesario que la industria de manufactura sea más dinámica, generar capacidades y dejar atrás el trabajo de poco valor agregado. Por ello, es importante que exista un compromiso de los investigadores para conocer la estructura industrial de nuestro país y cómo las empresas modelo están haciendo las cosas bien, con el fin de detectar variables que pueden ser útiles para otras empresas. Por parte del gobierno debe haber un mayor compromiso, soporte e incentivos, para que la industria pueda colocarse como un verdadero líder de manufactura en esta cuarta revolución industrial.

Figuras o datos curiosos



Fuente: Proméxico, «México in your pocket for Hannover Messe», Mexico City, 2018, en <https://industrialtransformation.mx/wp-content/uploads/2019/03/folleto-en-espanol-ITM-1-marzo-para-web.pdf>