



Una nueva narrativa sobre la industria 4.0 desde las ciencias sociales

En el actual escenario de crisis económica y disputa de liderazgos tecnológicos globales entre los países industrializados, los caminos futuros de incorporación productiva de las tecnologías digitales son inciertos. Para México, estos procesos presentan una oportunidad y desafíos para mejorar nichos tecnológicos de inserción productiva, esfuerzos de investigación y generación de nuevos talentos.

Industria 4.0 y nuevas tecnologías digitales

La tecnología de fabricación digital aún no es de uso masivo. De manera paulatina, su aplicación y asimilación ha provocado cambios en la producción de las grandes empresas y, en especial, de las pequeñas y medianas empresas (pymes) proveedoras, ya que se abren nuevos espacios para el intercambio comercial y el productivo, así como para el desarrollo de las y los emprendedores. En este contexto, se combina el fortalecimiento de la actividad industrial con la revolución digital al satisfacer las necesidades heterogéneas de los clientes y captar las oportunidades del mercado.

La industria 4.0 se desarrolla mediante procesos flexibles para gestionar información compleja sobre los productos, la producción y la logística, a partir del manejo de estándares. La modularidad de los procesos conlleva a la sustitución del conocimiento, antes tácito, por el desarrollo de estándares patentados para el intercambio de la información, los cuales facilitan la interacción entre unidades de la producción que pueden estar ubicadas en diferentes lugares del mundo. El impulso de la digitalización profundiza las tendencias contradictorias en la geografía de la producción al integrar estructuras existentes que dependen de una variedad de factores, como la tecnología, los productos y el sector.

La transformación digital potencialmente afecta a todos los países, empresas y mercados; pero no todos innovan de la misma manera ni cuentan con infraestructuras y consensos sociales para generar confianza con el fin de que las personas y las organizaciones gestionen los riesgos de seguridad y privacidad digital. La expansión de la industrialización digital dejó claro que su desarrollo no se trató sólo de avances técnicos, sino que involucró una acción coordinada entre las políticas



gubernamentales y los mercados. Así, todas las experiencias nacionales en la aplicación de las tecnologías digitales han permitido el acceso y la evaluación de las condiciones favorables para su uso, tanto en lo que se refiere a la infraestructura de comunicación, de servicios y de datos, como con respecto a las nuevas regulaciones y equilibrios en el empleo y las mejoras de las capacidades técnicas.

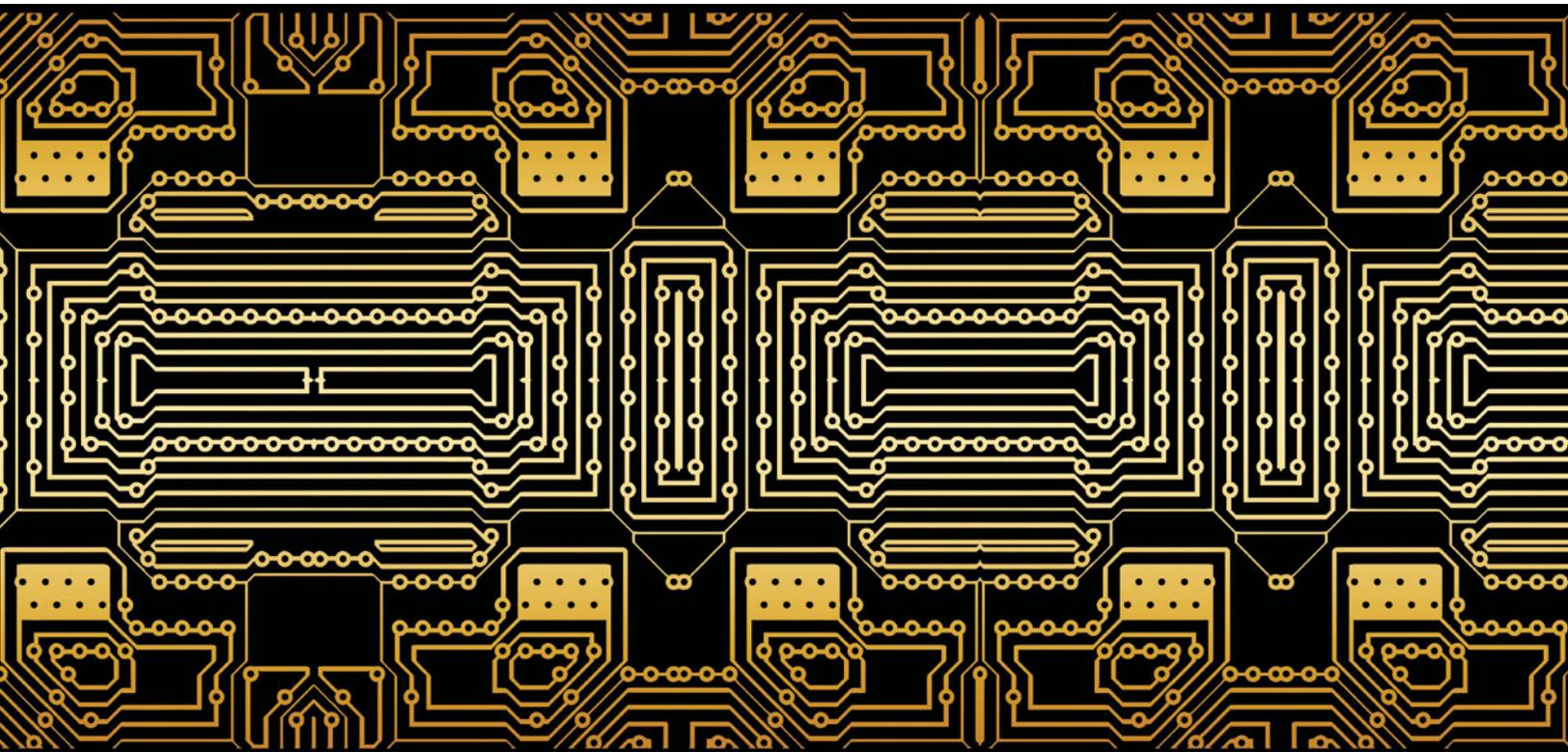
De igual forma, los países han afrontado retos en el ámbito de la seguridad, fiabilidad e integración de la información. Éstos son los “cuellos de botella” para el diseño y la integración productiva que plantea la industria 4.0 en la actualidad. Por lo tanto, es un tema central en las investigaciones, las cuales han subrayado la importancia de las aplicaciones y sus efectos, así como la influencia de la estandarización de los procesos para asegurar una visión estratégica de la industria 4.0.

El desarrollo de este modelo industrial ha estado determinado por la intensa coordinación interinstitucional sustentada en una comunicación cercana entre las entidades y actores tecnológicos, sociales y productivos. Asimismo, los países han articula-

do arreglos institucionales formales e híbridos para orientar las estrategias durante la transición de lo analógico a lo digital; para ello, han creado instituciones y plataformas con múltiples actores. Estas últimas fomentaron el intercambio de la información y la expansión del uso de las tecnologías avanzadas basadas en las colaboraciones institucionales con la finalidad de reducir los obstáculos y evitar los conflictos en la aplicación.

En México, desde hace dos décadas se perfila la preocupación académica y de las agendas de políticas de ciencia, tecnología e innovación sobre el futuro de las tecnologías avanzadas en las industrias de exportación, como la automotriz y la aeroespacial. En este marco, se ha gestado una red de intercambios entre productores de equipo original, cámaras empresariales y centros tecnológicos, con el fin de sistematizar los logros obtenidos en los programas de despegue del modelo de la industria 4.0 en las empresas, en las políticas y en la formación de capacidades.

Las experiencias nacionales de industrialización 4.0 han analizado tres aspectos: los procesos orga-



nizacionales de las empresas (eficiencia de procesos, esquemas de gestión, negocios y procesos de toma de decisión), los aspectos técnicos de desempeño productivo y la valoración de las capacidades técnicas, así como de las potenciales acciones de gobernanza. Con independencia de las particularidades nacionales, estos procesos han tenido tres elementos en común: 1) la articulación nacional de las políticas y su vinculación con una visión de desarrollo económico; 2) un énfasis en la digitalización productiva desde el impulso a las capacidades; 3) una orientación de políticas y programas hacia nuevas formas organizacionales público-privadas que resaltan el papel de la formación de trabajadores y empresas para la adopción de las tecnologías digitales avanzadas.

 **Reorganización de estrategias por el liderazgo tecnológico**

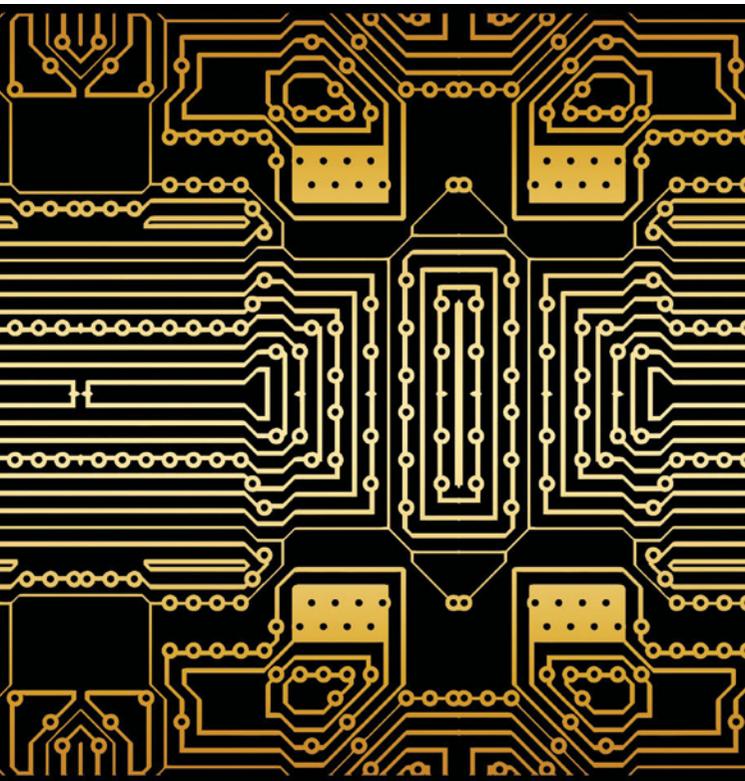
La digitalización ha permitido el desarrollo de estrategias y una nueva cultura para el crecimiento desde la exploración de los futuros digitales posibles. Entre estos aspectos se incluyen desafíos como: 1) la

incursión de nuevas oportunidades de negocios; 2) la mitigación de amenazas relacionadas con opciones de inversión o de ingreso en campos innovadores; 3) la formación de recursos humanos. La crisis por la pandemia de covid-19 acentuó las contradicciones de la sociedad contemporánea ante los riesgos enfrentados. Las nuevas condiciones económicas y la profundización de las desigualdades afectaron las formas de gobernanza, las estrategias productivas y las alianzas políticas hasta entonces prevalecientes.

En este escenario, las estrategias de industrialización digital enfrentan incertidumbres de carácter geopolítico. Con la democracia debilitada por la pandemia y, también, por el surgimiento de grupos con una preocupante proclividad a presentar comportamientos autoritarios, la fragmentación de la sociedad ha dado origen a actores y relatos divergentes, a veces difíciles de congeniar con una negociación basada en acuerdos sociales hacia una narrativa de futuro entre Estados, empresas, grupos tecnológicos, medios de información y ciudadanía. El entorno internacional muestra una disputa por la concentración de las esferas geotecnológicas que definen a las actuales sociedades y economías digitalizadas.

La Unión Europea enfrenta desafíos importantes, como superar la dependencia energética de Rusia y consolidar la unidad entre los Estados miembros ante los problemas de seguridad y defensa. No obstante, la región ha liderado en el ámbito de la regulación de normas por medio de la Ley de Mercados Digitales (DMA) y la Ley de Servicios Digitales (DSA). Estas iniciativas de la sociedad civil buscan limitar el poder de mercado de las grandes empresas tecnológicas estadounidenses al regular el contenido de sus plataformas y garantizar el acceso al mercado de las pymes europeas.

En tanto, la Unión Europea y los Estados Unidos de América consolidaron una relación trasatlántica con la creación del Consejo de Comercio y Tecnología (TTC). Los objetivos de ambos coinciden en la importancia de controlar las exportaciones tecnológicas que suponen un riesgo para la seguridad nacional. Dicho acuerdo prioriza la protección a las tecnologías avanzadas frente a los riesgos derivados de su dependencia de las materias primas y de





la infraestructura de conectividad (red 5G, infraestructura en la nube y cables submarinos).

Reflexiones finales

En este contexto dominado por incertidumbres geopolíticas y reordenaciones de escenarios políticos, la tecnología adquiere un papel central en las relaciones de poder e influencia entre países. El control tecnológico acentúa las asimetrías entre los dueños de la tecnología y quienes pretenden obtenerla; los países industrializados compiten para generar redes de infraestructura digital en naciones emergentes. Entre estos casos están la Ruta de la Seda, impulsada por China, el Plan Global Gateway, a cargo de la Unión Europea, y proyectos promovidos por Estados Unidos de América, como el Marco Económico del Indo-Pacífico para la Prosperidad (IPEF), el Diálogo de Seguridad Cuadrilateral (QUAD; junto a Japón, Australia e India) y la alianza militar AUKUS (junto al Reino Unido y Australia).

Las iniciativas de cooperación internacional recientes buscan construir alianzas entre países en sec-

tores estratégicos, sobre todo en el digital, climático y de tecnologías avanzadas. Los sectores estratégicos (inteligencia artificial, computación cuántica) son un factor crítico de confrontación por el liderazgo tecnológico entre Estados Unidos de América y China, en tanto que para la Unión Europea el reto central es definir nuevas normas de estandarización y regulación de las tecnologías avanzadas.

Las tendencias actuales recuperan las tecnologías de vanguardia a escala nacional, sin que esto signifique un abandono de la globalización. La situación de crisis y desabastecimiento actual aumenta los desafíos de gestión de precios, componentes y proveedores. La Ley CHIPS for America, aplicada por el gobierno estadounidense ante la escasez de semiconductores, es un ejemplo en tal sentido: una estrategia de política pública de diversificación de la cadena de suministro y relocalización para proteger la economía interna nacional.

Los desafíos para la incorporación productiva de las nuevas tecnologías digitales dependen del tipo de estructura productiva y del perfil de especialización nacional. En México, esta configuración productiva

está marcada por el dinamismo del Tratado entre México, Estados Unidos de América y Canadá (T-MEC, antes TLCAN), el cual aumentó la relevancia del comercio internacional en el PIB mexicano (con gran concentración de las exportaciones en el mercado estadounidense) y contribuyó al aumento de la composición tecnológica de las exportaciones y del peso de la manufactura en el total del PIB, con avances escasos en materia de innovación, productividad y generación de empleo de calidad.

El mercado abierto y los incentivos a la exportación a partir del T-MEC han contribuido al crecimiento de las industrias automotriz, aeroespacial y de tecnologías de la información. Estas industrias de exportación también se han beneficiado con los servicios técnicos y organizacionales nacionales, así como con el apoyo de los gobiernos estatales en clústeres productivos donde se localizan dichos sectores. Pese a la fragmentación del sistema de innovación, tienen el potencial de apropiarse de las ventajas del internet industrial (uso de datos, computación en la nube, informática móvil y *big data*), así como también de los medios para producir estas tecnologías.

Los ejemplos de uso de tecnologías 4.0 por empresas en México se sitúan en estos tres sectores de alto nivel tecnológico, dominados por firmas ensambladoras y proveedores de primer nivel globales. Esto muestra que el desarrollo de la industria 4.0 puede apoyar el cambio industrial, tanto creando bienes y servicios digitales como agregando valor al incorporar lo digital a bienes físicos y plataformas de producción, intercambio y consumo.

En México, la estrategia más prometedora no es el desarrollo de nuevas tecnologías, sino la combinación de las existentes bajo nuevos principios. El reto es llenar vacíos creados por la falta de infraestructura, la limitada capacitación de la fuerza de trabajo para enfrentar nuevos retos digitales y las inconsistencias institucionales que han inhibido los procesos de aprendizaje; esta situación exige establecer programas e incentivos que sobrevivan a las administraciones sexenales. En un entorno de producción cambiante, el papel del Estado y sus políticas de desarrollo industrial deben priorizar áreas de investiga-

ción tecnológica, pero también diseñar instituciones e iniciativas que apliquen los resultados de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en los sistemas industriales.

Mónica Casalet

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales-México.
casalet@flacso.edu.mx

Federico Stezano

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.
fstezano@gmail.com

Referencias

- Bär, K., Z. N. L. Herbert-Hansen y W. Khalid (2018), "Considering Industry 4.0 aspects in the supply chain for an SME", *Production Engineering*, 12(6):747-758. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11740-018-0851-y>, consultado en enero de 2023.
- Casalet, M. y F. Stezano (2021), "The progress of digitalization in Mexico: effects on the institutional structure", *International Journal of Business Innovation and Research*, 24(3):339-363. Disponible en: <https://doi.org/10.1504/ijbir.2020.10024956>, consultado en enero de 2023.
- Flores, G. y M. Sánchez (2020), "The Political Economy of NAFTA/USMCA", en G. Ondetti *et al.* (eds.), *Oxford Research Encyclopedia of Latin American Politics*, Nueva York, Oxford University Press.
- Ricart, R. J. y J. I. Torreblanca (2022), "El Consejo de Comercio y Tecnología (TTC) entre EE. UU. y la UE: Estado actual, problemas y retos para la relación transatlántica", *EsadeEcPol-Center for Economic Policy*. Disponible en: <https://www.esade.edu/ecpol/es/publicaciones/el-consejo-de-comercio-y-tecnologia-ttc-entre-ee-uu-y-la-ue-estado-actual-problemas-y-retos-para-la-relacion-transatlantica/>, consultado en enero de 2023.
- Ulas, D. (2019), "Digital Transformation Process and SMEs", *Procedia Computer Science*, 158:662-671. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.101>, consultado en enero de 2023.
- Warner, K. S. R. y M. Wäger (2019), "Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal", *Long Range Planning*, 52(3):326-349. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2018.12.001>, consultado en enero de 2023.