

Inteligencia artificial y ciencia de datos en la nueva Revolución Industrial

Los grandes avances recientes en varias ramas de la ingeniería, sobre todo de la ingeniería eléctrica y la computación, influyen de manera vigorosa en la industria, la medicina y la sociedad en el marco de la Cuarta Revolución Industrial. Aquí se analizan los efectos de dos de esas ramas: la inteligencia artificial y la ciencia de datos, con algunas innovaciones relevantes para el contexto nacional.

Introducción

Los recientes avances de la inteligencia artificial y la ciencia de datos, dos de las ramas más dinámicas de la computación (véase el Recuadro 1), inciden en la competitividad de la industria y dan origen a la llamada Cuarta Revolución Industrial, también conocida como industria 4.0.

El economista y empresario alemán Klaus Schwab (2017), fundador del Foro Económico Mundial de Davos, definió el concepto:

la Cuarta Revolución Industrial genera un mundo en el que los sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan entre sí de una manera flexible a nivel global. Sin embargo, no consiste sólo en sistemas inteligentes y conectados. Su alcance es más amplio y va desde la secuenciación genética hasta la nanotecnología, y de las energías renovables a la computación cuántica. Es la fusión de

estas tecnologías y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos lo que hace que la Cuarta Revolución Industrial sea diferente a las anteriores [...] El elemento

clave de la Cuarta Revolución Industrial son las fábricas inteligentes, cuya principal característica es una mayor adaptabilidad a las necesidades de la producción y una mejora en la eficiencia de los recursos. Esta Cuarta Revolución Industrial se centra en los sistemas ciberfísicos, la robótica, el internet de las cosas, la conexión entre dispositivos y la coordinación cooperativa de las unidades de producción de la economía.





Recuadro 1. Tecnologías innovadoras recientes

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés) publicó en 2014 un informe¹ acerca de las tecnologías innovadoras que tendrían un impacto en la industria para cuando llegara el año 2022. La computación tiene una influencia importante entre las innovaciones que originan la Cuarta Revolución Industrial:

1. **Temas transversales de seguridad.** Compromiso con la seguridad y la privacidad, a raíz de situaciones provocadas por: a) el crecimiento de grandes repositorios de datos, b) la posibilidad de analizarlos (ciencia de datos), c) la capacidad de recolectarlos, y d) la habilidad de agentes malevolentes para explotarlos de maneras ilícitas.
2. **Movimiento abierto de propiedad intelectual.** *Software* abierto o libre, con estándares abiertos y publicaciones técnicas libres (DSpace, Wikipedia, etc.).
3. **Sostenibilidad.** Estrategias para mantener y preservar los recursos de la computación, para asegurar su uso continuo.
4. **Cursos abiertos masivos en línea.** Medios para popularizar el conocimiento y apoyar a las personas autodidactas.
5. **Computación cuántica.** Cálculo mediante fenómenos de la mecánica cuántica.
6. **Nanotecnología.** Manipulación de la materia a una escala casi atómica para crear nuevas estructuras, materiales y aparatos.
7. **Circuitos integrados en 3D.** Desarrollo de chips con dos o más capas de componentes electrónicos activos, a partir del uso de grafeno o nanotubos.
8. **Multinúcleos.** Llamados en inglés *multicore*, son un solo circuito integrado que contiene un procesador con varias unidades centrales de procesamiento.
9. **Fotónica.** El uso de la luz para emisión, transmisión, modulación, procesamiento, conmutación, amplificación y detección de señales.
10. **Memoria universal.** Memoria no volátil (NVM) para reemplazar la memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), combinando acceso aleatorio rápido con no volatilidad.
11. **Redes e interconectividad.** Uso de la comunicación entre diversos componentes o nodos (memoria, procesadores, dispositivos móviles, servidores, impresoras, etc.).

12. **Redes definidas por *software*.** Separar la función de un dispositivo de su implementación.

13. **Computación de alto rendimiento.** Uso de supercomputadoras, grandes memorias y arreglos de computadoras para resolver problemas de cómputo complejos.

14. **Computación en la nube.** Prestación de servicios informáticos según se requieran, bajo demanda, por internet.

15. **Internet de las cosas.** Red de objetos físicos ("cosas") que llevan incorporados sensores, *software* y otras tecnologías con el fin de intercambiar datos con otros dispositivos.

16. **Interfaces de usuario naturales.** Computadoras que podrían interactuar con los seres humanos de forma natural mediante el habla, los gestos, la inteligencia y su interfaz.

17. **Impresión 3D.** Fabricación por adición para obtener un objeto tridimensional mediante la superposición de capas sucesivas de material.

18. **Ciencia de datos y analítica predictiva.** Análisis de grandes conjuntos de datos² para extraer conclusiones útiles, hallar tendencias, desviaciones, anomalías, situaciones interesantes, comportamientos típicos y hacer predicciones dentro de un mar de datos.

19. **Aprendizaje automático y sistemas inteligentes.** Creación de sistemas de cómputo que aprenden a partir de los datos. La inteligencia artificial estudia los sistemas inteligentes, que perciben su entorno y llevan a cabo acciones que maximizan las posibilidades de lograr sus objetivos.

20. **Visión por computadora y reconocimiento de patrones.** Análisis de imágenes y video, a veces en tiempo real.

21. **Ciencias de la vida.** Métodos biológicos modernos, técnicas y tecnologías de apoyo con objetivos de mejorar la salud humana y animal para abordar las amenazas ambientales.

22. **Biología computacional y bioinformática.** Métodos y herramientas de *software* para comprender datos biológicos, en particular, con conjuntos de datos grandes y complejos.

23. **Robótica para atención médica.** Uso de robots en medicina para entrega autónoma de suministros en hospitales, telemedicina, cirugía robótica, apoyo en rehabilitación, etcétera.

¹ Véase <<https://tinyurl.com/IEEE-CS-2022-report>>.

² Véase <<https://tinyurl.com/CdeDatos>>.

Innovaciones en inteligencia artificial y ciencia de datos

Es común que una nueva tecnología requiera de ajustes para cada aplicación específica. En el sector productivo nacional, varias de estas tecnologías ya

empiezan a usarse: cursos abiertos masivos en línea, multinúcleos, computación en la nube, impresión 3D, visión por computadora y reconocimiento de patrones, entre otros ejemplos. Aquí describiré cómo influyen en la Cuarta Revolución Industrial y en

otras áreas de nuestra vida dos de ellas: la inteligencia artificial y la ciencia de datos. Con audacia, la sociedad mexicana puede aprovechar algunas innovaciones relevantes.

En el sector primario de la agricultura, con el internet de las cosas, actualmente se colocan **sensores y actuadores** en los campos de cultivo para su mejor irrigación, fertilización y cuidado. Asimismo, en las fábricas e instalaciones industriales, los datos recolectados por medio de estos sensores y actuadores, junto con el análisis de la inteligencia artificial y la ciencia de datos, permiten optimizar o mejorar en mucho el funcionamiento de los procesos. Lo mismo aplica para el transporte, la iluminación, la calefacción, entre otras. Con esto se logra una producción de satisfactores más rápida, más barata, menos contaminante y con flexibilidad en la producción.

En cuanto a la generación de energía y electricidad, la inteligencia artificial hace posible la integración de la energía solar, eólica, hídrica y fósil, para su consumo y almacenamiento, en una red reconfigurable de potencia (Lee, 2020). Además, las redes definidas por *software*, el internet de las cosas y la

ciencia de datos y analítica predictiva son tecnologías aprovechables por el Centro Nacional de Control de Energía mexicano.

Con respecto a sectores específicos, la industria de la construcción se vale de la **fabricación aditiva** y la impresión 3D para producir hasta casas, puentes¹ y otras edificaciones. En tanto, la industria textil y de la moda aprovecha la ciencia de datos y la nanotecnología para identificar fácilmente los aisladores topológicos en etiquetas electromecánicas que ofrecen protección contra falsificaciones de marcas prestigiadas; funciona de esta manera: cada etiqueta tiene defectos únicos que provocan distintas frecuencias de resonancia, un barredor espectral transforma esas frecuencias en una especie de huella digital de escala nanométrica (la millonésima parte de un milímetro) y, así, cada objeto tiene adherida una etiqueta única, físicamente irreproducible.

Por otra parte, en la industria militar, la inteligencia artificial ha impulsado la creación de drones y armas autónomas² que se disparan cuando sus

¹ Véase <<https://tinyurl.com/PuenteImpreso>>.

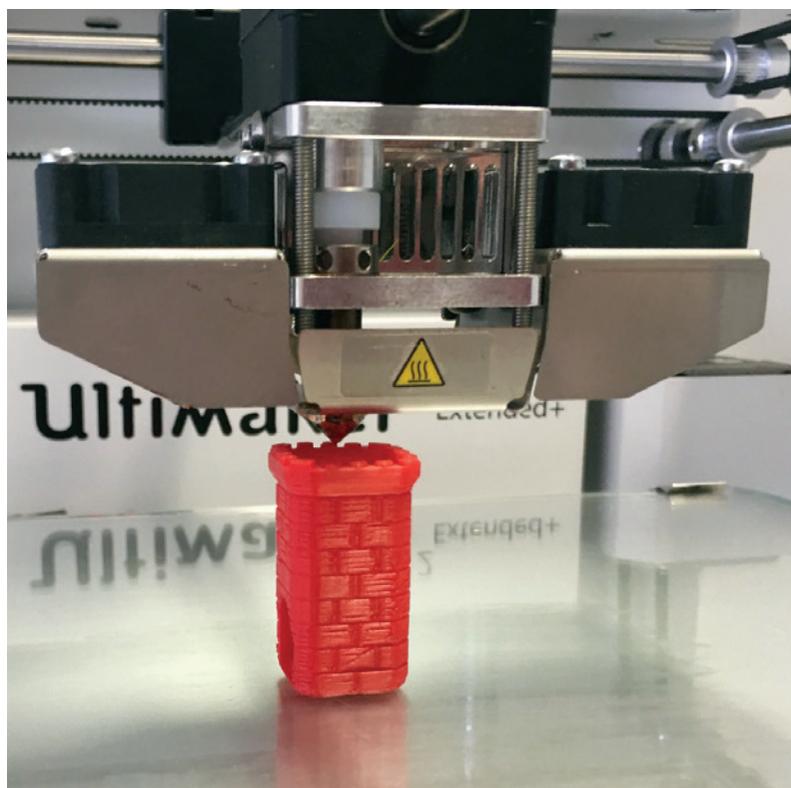
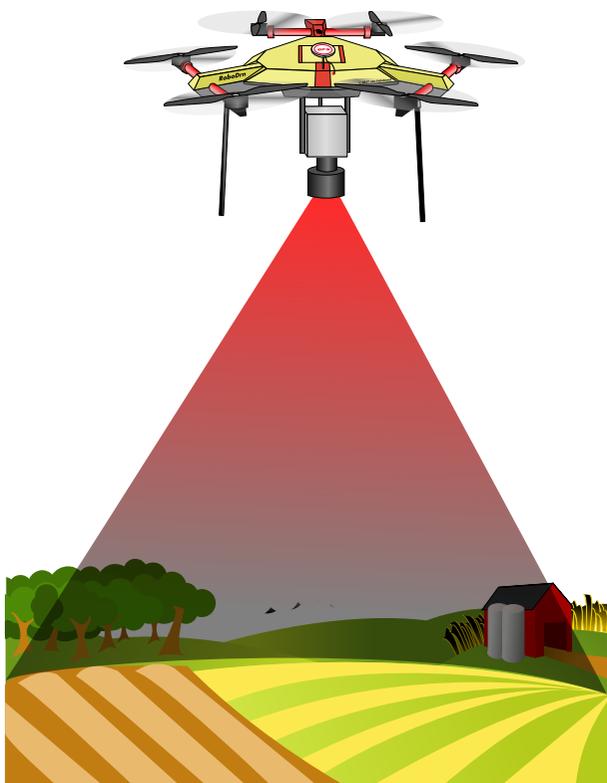
² Véase <<https://tinyurl.com/ComiteCruzRoja>>.

Fabricación aditiva

Método de manufactura para producir artículos al momento con un modelo digital y sin necesidad de moldes.

Sensores y actuadores

Dispositivos que detectan y envían señales para controlar un sistema.





sensores detectan la presencia de un “blanco” predefinido. Asimismo, en el gobierno, con la ciencia de datos se pueden detectar anomalías en el manejo de los fondos públicos y apoyos gubernamentales (Morales, 2021). Además, tanto las instituciones como las empresas pueden implementar la ciencia de datos y tecnologías de visión por computadora mediante la instalación de cámaras de seguridad en los inmuebles para vigilar de manera autónoma los movimientos de personas u objetos y detectar patrones anómalos en el comportamiento de la instalación. Con ello, también pueden tener un mejor conocimiento de las aptitudes y acciones de sus empleados, y contrastarlas con las necesidades y problemas más comunes de la organización.

Fenotipado

Análisis de rasgos determinados por la composición genómica (genotipo) y los factores ambientales.

Salud y medicina

En el ámbito médico, la ciencia de datos y analítica predictiva es capaz de predecir propiedades terapéuticas y efectos secundarios de nuevas sustancias (análisis *in silico*), antes de probarlas en el laboratorio (*in vitro*) y en sujetos vivos (*in vivo*); por ejemplo, sirve para prevenir interacciones entre drogas o detectar qué tipos de medicamentos son mejores para cada tipo de paciente, como en el caso de la diabetes

tipo 2 (Gutiérrez, 2020). En conjunto con la biología computacional y la bioinformática, la ciencia de datos se usa para mantener y unificar la plataforma Therapeutics Data Commons, que permite acceder y evaluar sistemáticamente el aprendizaje automático en varias terapias; esto incluye 66 conjuntos de datos apropiados para su análisis con inteligencia artificial, y abarca el descubrimiento y desarrollo de medicamentos seguros y eficaces.

Por otro lado, las innovaciones pueden emplearse para la búsqueda de patrones en cadenas de ADN con la intención de detectar lugares de interés biológico, por ejemplo, motivos (*motifs*, en inglés) o factores de transcripción que se repiten con cierta frecuencia y señalan la presencia de algunos genes o mutaciones. Asimismo, para el **fenotipado** digital, el uso de los sensores del teléfono celular (posición según el GPS, acelerómetro, iluminación, llamadas telefónicas, uso de redes sociales, bloqueo) permite detectar problemas mentales (depresión, ansiedad, stress, esquizofrenia) en pacientes.

En última instancia, las innovaciones de la Cuarta Revolución Industrial pueden ser de gran ayuda para la epidemiología, mediante el conocimiento de las dolencias de cada individuo y de las enfermedades o problemas más comunes en una región, para

implementar acciones preventivas, seguros colectivos y estrategias de detección temprana de síntomas y signos de una posible pandemia.

Comercio de productos y servicios

El análisis de grandes conjuntos de datos conduce a un mejor conocimiento de los clientes y de lo que consumen. ¿Qué opiniones tienen sobre productos y servicios específicos? Con esta información se puede desarrollar mercadotecnia dirigida, para sólo darle al cliente lo que le gusta. La ciencia de datos nos permite conocer a fondo la fidelidad y la experiencia de cada cliente: dónde compra, qué busca, qué ve, qué le gusta... para así diseñar ofertas instantáneas (cupones que se activan en el celular cuando la persona está a punto de comprar un producto de la competencia) o publicidad personalizada para atraer y retenerlos. Al analizar grandes conjuntos de datos recolectados, la ciencia de datos, apoyada por la inteligencia artificial, ayuda a impulsar la venta de productos o servicios que se adaptan conforme cambian sus usuarios (o clientes).

Esto puede ser idóneo si se trata del comercio en general, pero resulta indeseable en el ámbito de la información, pues, por ejemplo, un medio sólo le presenta a la persona las noticias que le gusta ver. Muchas empresas conectan virtualmente a compradores con vendedores, con lo cual manejan sustanciales recursos e información; así, la ciencia de datos y la inteligencia artificial ayudaron a crear este tipo de plataformas (Uber, Airbnb, Trivago, Sin Delantal, Mercado Libre), pero existen controversias en cuanto al uso de la información que recaban. Además, se ha potencializado la extracción de información de páginas web: “ordeñar” internet para detectar patrones de interés, extraer conceptos de lo más buscado o analizar textos de la prensa digital, entre otros ejemplos.

Tecnologías en las ciudades

La Cuarta Revolución Industrial beneficiará a los grandes conglomerados urbanos, principalmente para resolver temas de seguridad y contaminación.

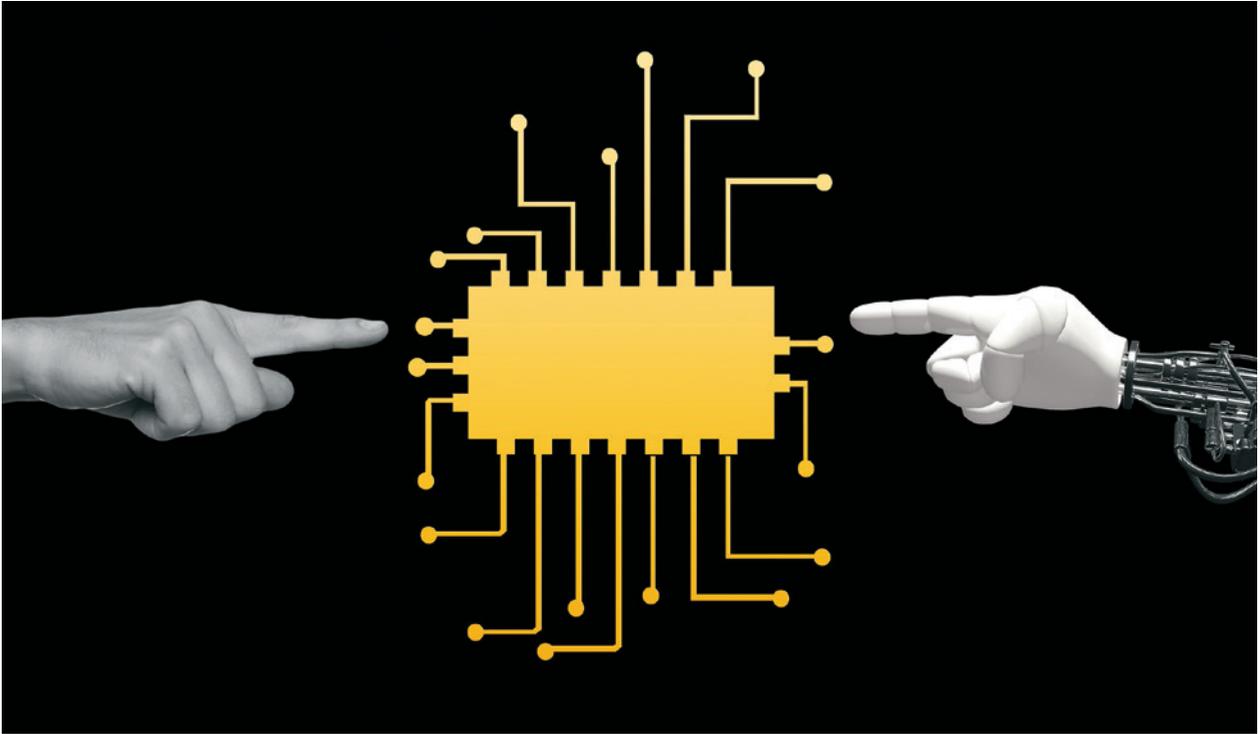


Las redes de cámaras ya instaladas en la vía pública (en la Ciudad de México hay cerca de diez mil), edificios de gobierno y comerciales, serán usadas con la inteligencia artificial, ciencia de datos y visión por computadora para reconocer y detectar acontecimientos anómalos y, con ellas, dar seguimiento a personas y vehículos (Olivares, 2023). Asimismo, la ciencia de datos permite analizar la distribución de los delitos en una ciudad y diseñar rutas seguras³ o menos riesgosas.

De la misma manera, pueden revisarse los recorridos de bicicletas públicas (EcoBici en la Ciudad

³ Véase <<https://tinyurl.com/RutaSegura>>.





de México) y patinetas de alquiler, para buscar optimizar el uso⁴ y la redistribución (reabasto) de este tipo de transporte no contaminante. Adicionalmente, con respecto a la gestión de residuos urbanos, la inteligencia artificial puede guiar sistemas electromecánicos para separar los productos y materiales reciclables, y así reducir el desperdicio y la contaminación.

■ **Más innovaciones**

■ En otros ámbitos, las innovaciones que dieron paso a la Cuarta Revolución Industrial también son útiles para la aplicación del conocimiento en beneficio de nuevos avances gracias a la inteligencia artificial y la ciencia de datos; desde el uso de chips ópticos para hacer cálculos en redes neuronales que aceleran los análisis requeridos en computación óptica, hasta la instalación y funcionamiento de observatorios autónomos o telescopios robóticos para llevar a cabo investigaciones y colaboraciones académicas internacionales en el campo de la astronomía. Adicio-

nalmente, se han desarrollado dispositivos con interfaces de usuario naturales, aprendizaje automático y sistemas inteligentes para la traducción en tiempo real; así, mediante unos audífonos conectados al teléfono móvil, dos personas pueden conversar aunque hablen idiomas diferentes.

■ **¿Nos van a reemplazar los robots?**

■ A muchas personas nos preocupa el avance acelerado e inevitable de la inteligencia artificial. ¿Qué pasará cuando las máquinas computarizadas tengan libre albedrío y sean más inteligentes que nosotros? Nos inquieta que estos dispositivos, que los informáticos creamos mediante la inteligencia artificial y la robótica, lleguen a reemplazarnos, dominarnos o esclavizarnos; que escapen de nuestro control.

No obstante, lo mismo puede suceder con la crianza de animales feroces, muy inteligentes o con mucha fuerza, así como con la creación de armas autónomas o virus modificados. Incluso con la introducción de animales y plantas en hábitats novedosos para esas especies, donde no tienen depredadores naturales, la preocupación es real. Una manera de

⁴ Véase <<https://tinyurl.com/EcoBiciCdMx>>.

evitarlo es colocar controles y mecanismos para limitar su expansión y ámbito de acción. Aunque, claro, se pueden salir de control, como sucedió con la introducción de conejos en Australia, la filtración de abejas africanas en Sudamérica o la liberación del pitón de Birmania en Florida.⁵

Conclusión

“Es la fusión de estas tecnologías y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos

⁵ Véanse: <https://tinyurl.com/ConejoAus>; <https://tinyurl.com/Africanizacion>, https://es.wikipedia.org/wiki/Abeja_africanizada; <https://tinyurl.com/PitonFlorida>.

lo que hace que la Cuarta Revolución Industrial sea diferente a las anteriores” (Schwab, 2017). La industria mexicana, mediante una mezcla de precaución, audacia y riesgo, empieza a aprovechar los avances en inteligencia artificial, ciencia de datos y otras tecnologías. No obstante, hay obstáculos: “Porque la rutina funciona. Porque la desidia resulta incólume o simplemente porque la inercia es canija” (Candiani, 2022).

Adolfo Guzmán Arenas

Laboratorio de Ciencia de Datos y Tecnología de Software, Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional. aguzman@ieee.org

Lecturas recomendadas

Candiani, M. (2022), “¿Cómo estimular el accionamiento continuo de ‘nuevas formas?’”, *El Financiero*, 29 de agosto.

Gutiérrez, A. (2020), *Aplicación de la minería de datos para buscar los atributos que inciden en el nivel glicémico de pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2* (tesis de maestría), Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <https://tinyurl.com/AlejGutz>, consultado en enero de 2023.

Lee, P. T. (2020), “The software-defined power grid is here”, *IEEE Spectrum*, julio: en línea.

MECALUX (2021), *Fabricación aditiva: la impresión 3D digitaliza la manufactura*. Disponible en: <https://tinyurl.com/FabAditiva>, consultado en enero de 2023.

Morales, A. (2021), *Minería de datos para la detección de anomalías en apoyos gubernamentales* (tesis de maestría), Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <https://tinyurl.com/ApoyoAnomal>, consultado en enero de 2023.

Olivares, C. (2023), *Seguimiento de personas en multicámaras* (tesis de maestría), Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <https://tinyurl.com/SeguimVariasCamaras>, consultado en enero de 2023.

Schwab, K. (2017), *La Cuarta Revolución Industrial*, México, Penguin Random House.

