

Tecnologías 4.0 y su utilidad en situación de pandemia

GEORGINA ARACELI TORRES VARGAS
*Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas
y de la Información de la UNAM, México*

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se habla de una cercana cuarta revolución industrial, que se caracterizará por el uso de una amplia gama de tecnologías que impactarán en todas las disciplinas, economías e industrias. Esta revolución girará principalmente en torno a la inteligencia artificial, la robótica y el Big Data (datos masivos o macrodatos).

Se espera que esta revolución supere muchos de los problemas de hoy, entre los que se encuentra el ámbito de la salud. La situación que hoy se vive en materia de salud es preocupante, ya que cada vez es mayor el número de personas que sufren enfermedades crónicas; hay altos costos en los servicios médicos; falta suficiente personal médico; crecen las tareas administrativas y aumenta la esperanza de vida, lo que representa grandes desafíos para los sistemas médicos.

En este sentido, las llamadas tecnologías 4.0 prometen oportunidades para mejorar la forma en que se brindará la atención médica. Entre otras ventajas, se espera contar con panoramas acerca de los estados de salud mediante los datos de los pacientes, lo cual

podría ayudar a mejorar la toma de decisiones, evitar errores, ayudar en la interpretación de las pruebas y recomendar el mejor tratamiento posible.

Se afirma que este escenario no tarda en aparecer. Muestra de ello es que en los últimos veinte años, las tecnologías inalámbricas y la conexión a Internet se han convertido en algo generalizado,¹ y en los próximos años se espera que aparezcan tecnologías como computación cuántica, realidad virtual, redes de siguiente generación, redes neuronales, robótica, nuevas interfaces de usuario, todo en estrecha relación con la inteligencia artificial y los macrodatos. En conjunto, estas tecnologías habrán de estar conectadas entre sí, y crearán sistemas ciberfísicos capaces de coadyuvar en el monitoreo médico.

Los usos de estas tecnologías serán muy variados, pero se espera que muchos de los avances sean útiles en el tema de salud. Si bien todavía no nos encontramos en un ambiente tecnológico plenamente desarrollado, en este 2020 en que la pandemia por COVID-19 ha estado presente, las tecnologías que están a la mano se tuvieron que adaptar para paliar la emergencia sanitaria.

TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA 4.0

La Industria 4.0 es también conocida como cuarta revolución industrial o era de la digitalización, y se refiere a la “digitalización de los procesos productivos en las fábricas mediante sensores y sistemas de información para transformar los procesos productivos y hacerlos más eficientes”.²

El origen del término y concepto sobre Industria 4.0 se debe a Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas y Wolfgang Wahlster,

1 Pablo Rodríguez, *Inteligencia artificial: cómo cambiará el mundo y tu vida* (Barcelona: Deusto, 2018), 29-30.

2 María Teresa Cruz Cortéz, “Industria 4.0”, *Revista Ciencia Administrativa*, 5, núm. Especial (2018).

quienes en abril de 2011 presentaron en Hannover un documento sobre el futuro en la fabricación en Alemania.³

El título de este documento fue “Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution”⁴ (Internet de las cosas en el camino de la Cuarta Revolución Industrial). En él se menciona que las plantas de producción industrial contarán con capacidades integradas de almacenamiento y comunicación, sensores y sistemas de *software* inteligentes que establecerán un puente entre el mundo virtual (“ciberespacio”) y el mundo real.

El desarrollo tecnológico se ha mostrado acelerado a partir de la aparición del Internet y, en cierto sentido, la noción de Industria 4.0 ayuda a plantear una temporalidad en cuanto a los desarrollos que se avecinan y sus usos en la industria. Sin embargo, los usos sobrepasan al de fabricación, ya que también serán de gran utilidad en diferentes servicios y no solo en la generación de productos. Una de las áreas en las que se espera impacto es en el manejo de la información y datos para diversos usos, entre ellos el médico.

En el contexto de Industria 4.0 se verán diferentes tecnologías denominadas por algunos tecnologías 4.0, como las que a continuación se mencionan:

Internet de las Cosas (IdC) o Internet de los objetos. Representa varios tipos de dispositivos con diferentes tamaños y capacidades que están conectados a Internet.

Puede verse como miles de millones de sensores conectados a Internet que generarán una gran cantidad de datos para analizarse,

3 Massimo Temporelil, “Industria 4.0”, *S&F_scienzae filosofia.it*. núm. 22 (2019): 11-30. <https://www.scienzae filosofia.com/2019/12/19/industria-4-0/>.

4 Henning Kagermann, Lukas Wolf-Dieter y Wahlster Wolfgang, “Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution”, *VDI nachrichten* núm. 13 (2011). https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdina-ch2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf.

interpretarse y utilizarse.⁵ Se refiere a objetos que se espera estén conectados e integrados a dispositivos de rastreo y sensores cableados e inalámbricos.⁶

El IdC se basa en una infraestructura de red global que tiene características especiales basadas en protocolos de comunicación interpretables. En esta infraestructura, las “cosas” físicas y virtuales son “inteligentes” y tienen identidades únicas, atributos físicos, y están perfectamente integrados en la red de información.⁷

Estos objetos “inteligentes” tienen capacidades de detección y procesamiento de datos. Pueden estar compuestos por uno o más sensores integrados y tienen el potencial de detectar / capturar enormes cantidades de datos que se relacionan con el ofrecimiento de servicios.⁸

El Internet de las cosas se considera una extensión de Internet al mundo real que consiste en objetos físicos, y se suele asociar con términos como “red ubicua” y “sistema físico cibernético”.

Lo ubicuo es aquello que tiene la cualidad de estar en cualquier lugar de manera simultánea. Hoy en día, cuando se habla de redes ubicuas nos referimos al acceso a Internet desde cualquier sitio y en cualquier momento. Pero se espera que en el futuro las redes engloben diversos servicios y productos en el entorno sanitario.⁹

5 Mahdi H. Miraz *et al.*, (2015). “A review on Internet of Things (IoT), Internet of everything (IoE) and Internet of nano things (IoNT)”, *IEEE Internet Technologies and Applications* (2015): 219-224, DOI: 10.1109/ITechA.2015.7317398.

6 Ronald R. Yager and Jordán Pascual Espada, eds., *New advances in the Internet of Things* (USA: Springer Science & Business Media, 2017).

7 Li Da Xu, Wu He, and Shancang Li, “Internet of things in industries: A survey”, *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10, no. 4 (2014): 2233–2243. DOI: 10.1109/TII.2014.2300753.

8 Fatima Hussain, *Internet of Things: Building Blocks and Business Models* (Switzerland: Springer, 2017), 6.

9 D. Reche Martínez, A.J. García Linares y J.M. Richarte Reina, “Redes ubicuas un nuevo paradigma en sanidad”, (Ponencia, VI Congreso nacional de informática de la salud, Madrid, Abril 4, 2003), http://www.conganat.org/seis/inforsalud03/INFORSALUD2003_reched1.pdf.

Cómputo en la nube. El cloud computing es la realización de procesos (almacenamiento, cálculo, tratamiento de datos...) en computadoras remotas en vez de realizarlos en la propia institución.¹⁰

Inteligencia artificial. Hoy en día es necesario extraer información de grandes cantidades de datos antes de hacer un análisis detallado. Actualmente el objetivo principal de la Inteligencia Artificial es el tratamiento y análisis de datos. Un ejemplo es el análisis de imágenes médicas para clasificar a los pacientes según diferentes patologías y ayudar en el establecimiento del diagnóstico.¹¹ La inteligencia artificial es de naturaleza multidisciplinar y en ella intervienen áreas como la informática, matemática, biología, estadística la información y otros campos del conocimiento.¹²

Machine Learning. Utiliza datos para alimentar un algoritmo y obtener conocimiento de los datos para la clasificación y generación de conocimiento. Entre las aplicaciones que pueden tenerse con el *machine learning*, está el diagnóstico médico asistido por computador.¹³

Big Data. Casas¹⁴ define el Big Data como el “conjunto de estrategias, tecnologías y sistemas para el almacenamiento, procesamiento, análisis y visualización de conjuntos de datos complejos”. El mismo autor señala que en años recientes se ha incrementado notablemente la cantidad de datos debido, entre otras cosas, al incremento de dispositivos con conexión a Internet y al Internet de las cosas.¹⁵

10 Pablo Lara-Navarra y David Maniega-Legarda, “Conocimiento en la nube: evolución de las intranets”, *El profesional de la información* 20, núm. 2 (marzo-abril 2011): 175-181. DOI: 10.3145/epi.2011.mar.07.

11 Raúl Benítez, *Inteligencia artificial avanzada* (Barcelona: Editorial UOC, 2013), 17.

12 Florelva Rozo García, “Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0”, *Revista UIS Ingenierías* 19, núm. 2. (2020), 185.

13 Rozo, “Revisión de las tecnologías”, 186.

14 Jordi Casas Roma, *Big Data: análisis de datos en entornos masivos* (Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya, 2019): 34.

15 Casas, *Big Data*, 24.

Realidad aumentada. Son tecnologías que permiten un entorno físico enriquecido con elementos virtuales. Esta tecnología ya se utiliza en los museos de diversas partes del mundo.

Sistemas ciberfísicos. Son sistemas en los que los objetos físicos y los recursos computacionales están estrechamente integrados y exhiben un grado de coordinación continua entre ellos. Szpanovits caracteriza la investigación de sistemas ciberfísicos “como una nueva disciplina en la intersección de las ciencias físicas, biológicas, de ingeniería y de la información”.¹⁶

Un ejemplo de lo que permitirían los sistemas ciberfísicos es la realización de cirugía remota y a través de robots. Uno más sería la prevención de colisiones de vehículos.¹⁷ Los sistemas ciberfísicos no son un conjunto aislado de tecnologías y objetos, sino que se observan en integración con contextos sociales, por lo que conformarían un sistema sociotécnico. En tales sistemas, las personas están integradas en estructuras organizativas complejas e interactúan con infraestructuras complejas para realizar sus procesos de trabajo. Máquinas, interfaces y humanos deberán estar en coordinación para errores. No excluye al hombre, pues habrá actividades como el transporte, la atención médica y otras similares, que requieren control humano para garantizar la seguridad. En el funcionamiento de los sistemas ciberfísicos, serán necesarios los flujos de datos del mundo físico al mundo cibernético mediante sensores.¹⁸

En el contexto de la atención médica, el objetivo es mejorar la calidad de salud en los pacientes a través de la atención adecuada en el momento y lugar apropiados. En muchos casos, los sistemas de salud están diseñados de tal manera que son demasiado

16 Janos Szpanovits, “Composition of Cyber-Physical Systems”, (Paper, 14th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS’07), Tucson, AZ, USA, (Marzo 26-29, 2007), DOI: 10.1109/ECBS.2007.25.

17 Krämer B.J. “Evolution of Cyber-Physical Systems: A Brief Review”, En Applied Cyber-Physical Systems, eds. Suh S., Tanik U., Carbone J., Eroglu A. (Nueva York: Springer, 2014).

18 *Ibid.*

fragmentados, sin la diferenciación adecuada en cuanto a necesidades de los pacientes. Los sistemas ciberfísicos permitirían un enfoque centrado en el paciente para darle un seguimiento puntual.¹⁹

TELEMEDICINA E INTERNET DE LAS COSAS MÉDICAS. PRIMEROS ACERCAMIENTOS A LAS TECNOLOGÍAS 4.0

La medicina es uno de los campos en los que la tecnología siempre ha estado presente. Si bien no es posible aseverar que la tecnología 4.0 está presente en este ámbito, se observan algunos usos donde pueden notarse adelantos de lo que podría ocurrir en unos cuantos años.

En estos tiempos no es posible hablar de la presencia de una tecnología 4.0, ya que se requieren desarrollos que permitan su pleno funcionamiento. Entre otros aspectos, se requiere interoperabilidad para hacer realidad el Internet de las cosas, pues si bien es cierto que existen diferentes protocolos y arquitecturas de comunicación que facilitan la interoperabilidad, es necesario lograr que las cosas se conecten en una red de redes. Otra cuestión es la búsqueda de una conjugación o interrelación entre los sistemas ciberfísicos y las tecnologías de la información y comunicación mediante el ofrecimiento de servicios; esta interrelación mediante servicios se conoce como *servitización*.²⁰

Debido al uso cada vez más intensivo de las tecnologías en el campo de la medicina, se plantea que para el 2030 la medicina será mucho más eficaz si se logra aprovechar la gran cantidad de

19 Sahinoglu M., Wool K. Risk Assessment and Management to Estimate and Improve Hospital Credibility Score of Patient Health Care Quality. En *Applied Cyber-Physical Systems*, eds. Suh S., Tanik U., Carbone J., Eroglu A. (Nueva York: Springer, 2014).

20 Felix Larrinaga Barrenechea, "Análisis de arquitecturas tecnológicas para el nuevo paradigma de la industria 4.0", *Ciencia de los ordenadores* 94 núm. 3. (Mayo-Junio, 2019), 267-271.

datos disponibles.²¹ Incluso se asevera que se logrará una *medicina 4P* que será:

- Personalizada. Transita de una medicina enfocada en poblaciones, a una basada en el individuo.
- Predictiva. Se podrá anticipar la respuesta a tratamientos, la evolución de los pacientes y esto ayudará a prevenir y dar mejores pronósticos.
- Preventiva. Se podrán prevenir enfermedades y promover la salud.
- Participativa. En donde el “paciente digital” no esperará estar enfermo para asistir a una consulta médica, sino que estará informado sobre su estado de salud.

Por el momento, se observan algunos atisbos de este escenario futuro en la medicina. A continuación, se mencionan la telemedicina (con sus vertientes de *e-Health* y *m-Health*) y el Internet de las cosas médicas.

Telemedicina

La telemedicina incluye procedimientos para transmitir información médica a fin de mejorar el bienestar general de los pacientes. La telemedicina consta de categorías como la salud móvil (*m-Health*) y la salud electrónica (*e-Health*).

e-Health, eSalud o ciber salud

La ciber salud, por sus siglas en inglés “*eHealth*” (*electronic health*), es un concepto muy amplio. La Organización Mundial de la Salud

21 Juan Antonio Gutiérrez Martínez, “Las tecnologías disruptivas y su aplicación en la medicina con vistas al 2030”, *Revista cubana de salud pública* 45, núm. 4 (2019), <http://www.revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1563/1366>.

(OMS) la define como la utilización de tecnologías de la información y la comunicación en relación con el aspecto de la salud.²²

Ejemplos del uso de tecnologías en la eSalud son la gestión de la información mediante la digitalización de los documentos derivados de procesos administrativos (lo que para un experto en información sería un archivo digital). También ayuda a contar con la información sobre los pacientes (historias clínicas), los recursos humanos y los materiales de los hospitales, como los insumos sanitarios (medicamentos, dispositivos médicos).

Destacan los sistemas que sirven para la administración de los recursos y de servicios, tales como la realización de citas médicas electrónicas a servicios médicos, odontológicos o de laboratorio.²³

m-Health o salud móvil

La *m-Health* (*mobile health*) o salud móvil se caracteriza por el uso de instrumentos digitales personales como teléfonos y dispositivos inalámbricos para la salud de los individuos.²⁴

Esta tecnología tiene gran utilidad en el ámbito de la prevención y de hecho se afirma que es en este aspecto en donde más evidente se vuelve el entrecruce de la tecnología con las ciencias de la salud. Entre otras cuestiones, la *m-Health* posibilita comunicar la información endémica que se tiene en espacios geográficos mediante los sistemas de información geográfica (SIG). Es decir, permite almacenar los datos relacionados con las enfermedades y su distribución proyectando estos datos en un mapa geográfico,

22 Organización mundial de la Salud (OMS). *Atlas eHealth country profiles*. (Geneva: 2010).

23 Christian de León Castañeda Díaz, “Salud electrónica (e-Salud): un marco conceptual de implementación en servicios de salud” *Gaceta Médica de México*, núm. 155 (2019), 176-183

24 Hayiroğlu Mİ. Telemedicine: Current Concepts and Future Perceptions. *Anatol J Cardiol*, 22 Suppl 2 (2019): 21-22. doi:10.14744/AnatolJCardiol.2019.

que mediante la combinación con más datos ayude a tener un contexto amplio.²⁵

Algunos autores identifican a la *m-Health* como una fase incipiente del Internet de las cosas, la cual sería una tecnología que permitiría la práctica de la medicina y la salud pública, soportada por dispositivos móviles, dispositivos de monitorización de pacientes, tabletas, asistentes personales digitales y otros dispositivos inalámbricos.²⁶

Dado que el almacenamiento de los datos en salud y de tecnologías como mHealth recae en la computación en la nube, dicho servicio puede ser víctima de ataques cibernéticos, pues se han evidenciado fallas de seguridad. Así, una de las principales características de los dispositivos que recopilan información en salud puede convertirse en su principal desventaja, ya que tecnologías como la *m-Health* pueden crear vulnerabilidades donde antes no existían. En consecuencia, la sociedad se podría enfrentar a un nuevo nivel de riesgo en cuanto a la seguridad de su información.²⁷

Uno de los aspectos claves es la transparencia de la tecnología y el manejo de los datos a través de ésta, así como manejar las opciones para el usuario, de acuerdo con el concepto de *Diseño ético*. Al respecto, Aral Balkan y Laura Kalbag²⁸ definieron la siguiente jerarquía de valores que integran el *diseño ético*:²⁹

25 José Ignacio Niño González y Benito Fernández Morales, “Comunicación, Salud y Tecnología: mHealth”, *Revista de Comunicación y Salud*, vol. 5 (2015), 144 –153.

26 Gabriela Velasco Rodríguez, “Mercadotecnia social: las aplicaciones móviles en el mercado sanitario”. *Horizonte sanitario* 17.1 (2018), 9-20.

27 Rodolfo Rodríguez Gómez, “Internet de las cosas: futuro y desafío para la epidemiología y la salud pública”, *Universidad y salud* 21, núm. 3 (2019): 257.

28 Quienes se manifiestan como activistas que luchan por la justicia en la era digital.

29 Lieve Vereycken, *Aral Balkan and the Ethical Design Manifesto* (Agosto 7, 2018), <https://co-inpetto.org/digital-infrastructure/aral-balkan-and-the-ethical-design-manifesto/>.

- Respeto de los derechos humanos.
Estar disponible para todos y no estar en manos de una empresa.
Descentralizado. La tecnología debe estar disponible en todas partes.
Abierto e interoperable. Debe permitir el trabajo en colaboración y de manera abierta.
Accesible. Ser de fácil acceso, lo suficientemente rápido, en cualquier parte del mundo.
Seguro y privado.
- Respeto del esfuerzo humano
La tecnología debe ser confiable y duradera (no ser necesario reemplazarla en cinco años).
Evitar la complejidad.
Permitir que las personas / empresas trabajen juntas de manera 100 por ciento transparente.
- Respeto a la experiencia humana
Los productos deben ser ergonómicos y fáciles de usar.
El diseño debe ser global y favorecer a ciertos grupos de usuarios.
Transparencia en ventas, precios y procesos.

En actividades como la salud móvil, el diseño ético es un factor clave, ya que obtener datos en salud a través de dispositivos genera desafíos en cuanto al cómo, cuándo y con quién compartir los datos. También hay dudas sobre qué tipo de información compartir, con qué especificidad y para qué se van a utilizar.

La privacidad de los datos es uno de los aspectos éticos que generan gran preocupación. En salud, los dispositivos podrán recopilar información sobre todo tipo de variables; muchas de ellas ni siquiera pensadas años atrás y esto representará nuevos desafíos en privacidad. Al respecto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha trabajado en elementos claves del estado actual del marco regulatorio alrededor del mundo. Entre otras cuestiones, la OMS

señala que el ejercicio de la asistencia sanitaria exige un gran volumen de información, que a su vez es componente de los sistemas de salud; el registro sanitario electrónico se muestra como un elemento indispensable, pero el gran interrogante es cómo cuidar la privacidad de esa información.³⁰

Sin embargo, en la mayoría de los países los controles sobre los datos y su uso aún están en fases iniciales.³¹ En Europa, por ejemplo, el Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea creado en el 2016 establece derechos básicos de privacidad.³²

Internet de las Cosas Médicas

El Internet de las Cosas Médicas (IdCM) es otro nivel de aplicación de las tecnologías en el ámbito de la medicina. Se espera que el IdC revolucione la atención médica. En particular, que pueda permitir a los médicos monitorear constantemente los parámetros fisiológicos de sus pacientes. Debido a los recientes avances en redes inalámbricas de sensores y sistemas integrados, los dispositivos de monitoreo de salud en miniatura se han convertido en una realidad. Estos sensores pueden formar una red de sensores corporales.

El IdCM hace uso de la captura de bioseñales, por lo que es de gran utilidad para investigación epidemiológica, ya que permite contar con datos en tiempo real, datos de trazabilidad,

30 Observatorio Mundial de Ciber salud de la OMS. *Regímenes jurídicos de la ciber salud. Informe basado en las conclusiones de la segunda encuesta mundial sobre ciber salud.* (Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2012), <https://apps.who.int/iris/handle/10665/77768>.

31 Alsubaei, Faisal, Abdullah Abuhusseini y Sajjan Shiva. "Security and privacy in the internet of medical things: taxonomy and risk assessment", *IEEE 42nd Conference on Local Computer Networks Workshops (LCN Workshops)*, (2017), DOI: 10.1109/LCN.Workshops.2017.72.

32 Diario oficial de la Unión Europea, *Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea*, (abril 27, 2016), <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>.

identificación, comunicación y ubicación de personas y de recursos para su atención. Esta tecnología se observa de gran utilidad para permitir el acceso a datos masivos sobre salud de la población en tiempo real.³³ Una característica del Internet de las cosas médicas es que puede atender mayor número de personas y a una amplia variedad de enfermedades.

El IdCM combina la confiabilidad y seguridad de los dispositivos médicos tradicionales y las capacidades de dinámica, genérico y escalabilidad del Internet de las Cosas. Tiene la capacidad de manejar varios dispositivos implementados para gran número de pacientes, además de tratar una variedad de enfermedades que requieren monitoreo y actuación muy heterogéneos. El IdCM también ofrece una solución a desafíos adicionales, como la movilidad de los pacientes, en oposición a los sistemas de telemedicina, que se centran principalmente en la atención domiciliaria.³⁴

El IdCM se refiere a la interconexión no solo entre numerosos dispositivos médicos personales, sino que se complementa con tecnologías como el Big Data para el análisis de los datos recopilados mediante los dispositivos y con la *tecnología en la nube* o *cloud computing*.

El advenimiento del IdCM se debe también al aumento en el uso y desarrollo de dispositivos médicos conectados y distribuidos, que permite el uso de diversas aplicaciones.³⁵ Los dispositivos biomédicos deben cumplir los siguientes requisitos:³⁶

33 Rodolfo Rodríguez Gómez, "Internet de las cosas: futuro y desafío para la epidemiología y la salud pública", *Universidad y salud* 21 núm. 3 (2019), 255.

34 Arthur Gatouillat *et al.*, "Internet of Medical Things: A Review of Recent Contributions Dealing With Cyber-Physical Systems in Medicine", *IEEE Internet of Things Journal* 5, núm. 5 (Oct. 2018), DOI: 10.1109/JIOT.2018.2849014.

35 I Lee. "Medical cyber-physical systems", *Proceedings of the 47th Design Automation Conference*, 743-748, 2010.

36 Arthur Gatouillat *et al.* "Internet of Medical Things: A Review of Recent Contributions Dealing With Cyber-Physical Systems in Medicine", *IEEE Internet of Things Journal* 5, núm. 5 (Oct. 2018), DOI: 10.1109/JIOT.2018.2849014.

Confiabilidad: Un sistema confiable debe lograr sus objetivos funcionales en todo momento, por lo cual no debe ser propenso a fallas para poder garantizar la confiabilidad de la información.

Seguridad: los sistemas médicos deben ser resistentes a las amenazas y los ataques externos debido a la información confidencial y personal que recopilan. La seguridad también se debe dar en el sentido de no dañar a los usuarios de los sistemas.

En la actualidad, los usos del IdC en medicina se muestran en aspectos tales como el monitoreo inteligente de glucosa través de dispositivos; respiradores inteligentes que se programan para analizar y mejorar las terapias y dar una prescripción médica personalizada; la creación de patrones, y anticipación de enfermedades gracias a la combinación con tecnologías como el Big Data y la Inteligencia Artificial.

Los siguientes proyectos europeos son ejemplos de acciones encaminadas al uso del IdCM, junto con Big Data.

Harmony: Se investiga cómo mejorar y personalizar los tratamientos de pacientes con leucemia linfocítica crónica, síndromes mielodisplásicos y desórdenes sanguíneos en bebés y niños. Se diseña y desarrolla una plataforma Big Data de análisis masivo de datos para ayudar a los médicos en la toma de decisiones.³⁷

Paphos: Es una plataforma que hace uso de tecnologías de analítica avanzada para dar seguimiento a la atención sanitaria. Los datos con que se cuenta en este proyecto se recopilan de diversos hospitales, con el fin de mejorar la calidad de vida de los pacientes crónicos en diabetes, enfermedad obstructiva crónica (EPOC), presión arterial alta e insuficiencia cardiaca.³⁸

37 “MM: Optimizing prognostication and personalizing treatment in Multiple Myeloma”, Harmony, consultado agosto 17, 2020, <https://www.harmony-alliance.eu/projects/research-project/optimizing-prognostication-and-personalizing-treatment-in-multiple-myeloma-2019>.

38 “Big data para la personalización de tratamientos de enfermos crónicos”, GMV Innovating Solutions, septiembre 26, 2017, <https://www.gmv.com/es/Empresa/Comunicacion/Noticias/2017/09/Paphos.html>.

USO DE TECNOLOGÍAS EN EL CONTEXTO DEL COVID-19

La pandemia por COVID-19 ha dirigido hacia el uso de tecnologías para dar alternativas de atención y seguimiento médico, así como combatir la demanda de servicios. Con la rápida expansión de la enfermedad, prácticamente todo el ecosistema sanitario de cada país se está dedicando a hacer frente a las necesidades de salud por el coronavirus. Hay numerosos ejemplos del uso de tecnologías en situación de pandemia por COVID-19. A continuación se mencionan algunos.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial ha tenido utilidad en la predicción del número de camas para atender a los enfermos. Sherpa.ai es una empresa vasca de inteligencia artificial que desarrolló una plataforma para que las autoridades pudieran calcular el número de camas requeridas para cada semana³⁹ a fin de evitar que se desbordara la capacidad hospitalaria. En esta plataforma se determinaban las cifras del número de fallecidos, el número de infectados y los focos de la pandemia.

En Sichuan, China, se cuenta con cascos inteligentes que miden la temperatura de personas que se encuentran hasta cinco metros de distancia y se activa una alarma si se descubre a alguien con fiebre. De igual manera, se tiene vigilancia para controlar a las personas que deben guardar cuarentena mediante cámaras de reconocimiento facial.⁴⁰ Estos aditamentos utilizan inteligencia artificial.

39 “Cómo la inteligencia artificial está combatiendo el coronavirus”, *El País*, Julio 9, 2020, <https://elpais.com/economia/entorno-seguro/2020-07-09/como-la-inteligencia-artificial-esta-combatiendo-el-coronavirus.html>.

40 Javier Murillo, “La inteligencia artificial y el combate al COVID-19”, *Forbes*, Abril 17, 2020, <https://www.forbes.com.mx/la-inteligencia-artificial-y-el-combate-al-covid-19/>.

BIG DATA Y RASTREADORES DE CONTACTOS POR PROXIMIDAD

En la pandemia por COVID-19, uno de los retos es poder dar seguimiento puntual a las personas contagiadas, recuperadas y contar con información y datos precisos en cada país. Para ello se desarrollaron herramientas de seguimiento que funcionan con base en los datos recopilados. Un caso es el repositorio de datos de la Universidad Johns Hopkins (<https://www.jhu.edu/>), que se alimenta por los datos que le entrega la Organización Mundial de la Salud, que a su vez recibe datos de los diferentes países que participan. La visualización de los datos que aporta México, se pueden ver a través de la página oficial: <https://covid19.sinave.gob.mx/>.

El problema central de los rastreadores no es la herramienta tecnológica, sino la recopilación de datos en cada región, puesto que si no se captan datos confiables y recientes, los rastreadores mostrarán cifras que no corresponden con la situación real.

Una forma en que se recopilan datos es a través de aplicaciones en dispositivos móviles. Las empresas Apple y Google desarrollaron aplicaciones de este tipo con el fin de alertar a las personas para saber si han estado expuestas a alguien posiblemente infectado por COVID-19. Para que esto sea posible, es necesario que la persona que presenta síntomas de coronavirus o que da positivo a la prueba, dé aviso a través de la aplicación. Por consiguiente, para que las aplicaciones funcionen es necesario que haya participación de parte de los pobladores, situación que pocas veces ocurre. En Francia, menos del 3 por ciento de la población activó la aplicación y en Italia llegó al 6 por ciento.⁴¹

Según un estudio de la universidad de Oxford, para que una aplicación detenga el brote, se necesita que el 60 por ciento de la población la utilice y participe con el envío de notificaciones sobre su estado de salud. Esta universidad trabaja en la simulación del uso de aplicaciones en teléfonos móviles para conocer con certeza

41 Bernard J. Wolfson, "Proliferan las apps para rastrear COVID pero... ¿realmente ayudarán?" *El Nuevo Herald*, julio 8, 2020, <https://www.elnuevoherald.com/vivir-mejor/salud/article244080722.html>.

qué porcentaje de la población debe participar para hacer frente a la epidemia.⁴²

Otro problema es la falta de confianza en cuanto al respeto de la privacidad de los datos personales que se manejan en las *apps*. El tema de la vigilancia ciudadana ha sido uno de los de mayor discusión al momento de implementar el uso de aplicaciones, aunque en cierta forma es imposible realizar la trazabilidad de datos sin la utilización de aquellos que dan a conocer la movilidad de las personas.

Por eso, varios países de la Unión Europea han optado por el uso de Bluetooth. En el caso de Israel, Singapur o China, se han implementado acciones más agresivas al momento de conocer los movimientos de sus ciudadanos.⁴³ Entre otras tecnologías emergentes, China utiliza cámaras de reconocimiento facial para localizar gente con fiebre o para identificar personas que no usan cubrebocas.

Una aplicación llamada Alipay Health Code asigna a las personas colores para permitirles el ingreso a espacios públicos o para enviarlas en cuarentena. Para esto se utiliza el Big Data y se ha adoptado en más de doscientas ciudades en China. Al respecto, Li Lanjuan, asesor de la Comisión Nacional de Salud de China asegura que haciendo un uso completo de estas nuevas tecnologías deberían encontrarse y contenerse las fuentes de infección.⁴⁴

42 “Digital contact tracing can slow or even stop coronavirus transmission and ease us out of lockdown”, University of Oxford, abril 16, 2020, <https://www.research.ox.ac.uk/Article/2020-04-16-digital-contact-tracing-can-slow-or-even-stop-coronavirus-transmission-and-ease-us-out-of-lockdown>.

43 J. M. Sánchez, “Llega la herramienta de rastreo de contagios por COVID-19 de Apple y Google: tiene el respaldo de veinte países”. *ABC*, Junio 20, 2020, https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-llega-herramienta-rastro-contagios-covid-19-apple-y-google-tiene-respaldo-veinte-paises-202005201901_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com.

44 “Qué es el ‘código verde’ que permite a la gente en China moverse libremente (y por qué se genera polémica)”, *BBC News Mundo*, Abril 8, 2020, <https://www.animalpolitico.com/bbc/china-codigo-verde-polemica/>.

La población china ve vulnerabilidad de sus datos por el acceso que se tuvo a estos a través de operadores de telefonía, agencias de transporte y empresas. También observan una transparencia nula sobre cómo planea el gobierno hacer una verificación de los datos. También se han percatado que hay filtración de sus datos personales de salud en Internet.

Crocker⁴⁵ menciona que si bien la COVID-19 genera una crisis a nivel mundial, se corre el peligro que en aras de hacer frente a dicha crisis, no se respeten los derechos civiles una vez que se supere la emergencia sanitaria y se utilicen los datos de la población para propósitos de vigilancia.

Cada gobierno determina qué tanto privilegio de acceso tiene sobre los datos; por ejemplo, en Singapur la aplicación TraceTogether, desarrollada para el gobierno de Singapur, exige que todos los usuarios compartan su información de contacto. Esta aplicación sirve para comunicarse con cada uno de los posibles contagios que se hayan dado, una vez que se identifica alguien con COVID-19. Esto refleja el nivel de control de los datos por parte del gobierno. En otros países, se ha optado por solicitar identificadores anónimos, aunque se entiende que estos datos no permiten llevar de manera personal los seguimientos. Los expertos opinan que se requieren sistemas de encriptación como alternativa.

A causa de la pandemia, en Estados Unidos se pudo detectar que hay muchas fallas y desfases en el manejo de la información en salud. Los funcionarios de salud pública en Houston, Texas se enfrentan a una avalancha de faxes que dan resultados de pruebas de coronavirus. Su sistema de salud está fragmentado en una mezcla de tecnologías obsoletas y recientes que no guardan relación. Los reportes arrojan datos de más de medio millón de pruebas de coronavirus al día, pero estos llegan vía telefónica, correo físico, correo electrónico o fax, una tecnología en desuso que se

45 Andrew Crocker, “El desafío de las aplicaciones de proximidad para el rastreo de contactos de COVID-19”, *Electronic Frontier Foundation*, Abril 10, 2020, <https://www.eff.org/es/deeplinks/2020/04/challenge-proximity-apps-covid-19-contact-tracing>.

conserva porque cumple con las normas de privacidad de la información en salud. Sin embargo, la falta de un proceso en medios digitales de la información recabada impide el rastreo de los contactos y se dificulta la disminución de la propagación.⁴⁶

Dados los problemas legales y tecnológicos que se tienen, las aplicaciones de rastreo de contactos por proximidad requieren la intervención de individuos. Esto también se necesita en entornos en donde los sistemas de información no están bien planificados; no hay comunicación entre las plataformas que se utilizan o no se cuenta con los datos suficientes, como en el caso de Texas, aún cuando esta tarea demanda recursos humanos y materiales considerables; se calcula que para dar seguimiento de contactos en todo Estados Unidos, se requiere de entre 100 mil y 300 mil trabajadores que hagan llamadas telefónicas o visiten a las personas en sus domicilios.

INTERNET DE LAS COSAS

Quizá una de las tecnologías menos utilizadas en la pandemia por COVID-19 es la relativa al Internet de las cosas. En el sentido de que la calidad del aire es importante en la emergencia sanitaria, por ser un medio de propagación del virus, se está implementando el uso de sensores inteligentes para medir la calidad del aire,⁴⁷ que pueden ayudar de diferentes formas:

- Mediante sensores del IdC que se distribuyan en los edificios para monitorear e informar sobre la calidad del aire en las áreas en que se implementen.

46 Sarah Kliff, “La respuesta de Estados Unidos al coronavirus enfrenta un cuello de botella: el equipo de fax”, *The New York Times*, julio 15, 2020, <https://www.nytimes.com/es/2020/07/15/espanol/mundo/coronavirus-sistema-salud-publica.html>.

47 Mary Shacklett, “COVID-19 crisis brings new visibility to IoT and building air quality”, *TechRepublic*. Abril 8, 2020, <https://www.techrepublic.com/article/covid-19-crisis-brings-new-visibility-to-iot-and-building-air-quality/>.

La pandemia por COVID-19...

- A través de un sistema de Inteligencia Artificial en la nube que evalúe los datos que se reciben de los sensores y determina la calidad de aire en las habitaciones o edificios.
- Integración de *software* que active o desactive los sistemas de sensores, de acuerdo con las condiciones de aire en áreas cerradas.

Además de esta tecnología, en algunos países se está intensificando el uso de robots inteligentes para auxiliar a enfermeras y médicos en la atención a pacientes. Monitorean diferentes situaciones y envían la información al personal médico, entregan alimentos a los pacientes entre muchas otras tareas. Esto reduce el contagio y contribuye a descargar parte de las labores del personal. En Italia se utiliza el robot Tommy;⁴⁸ en China hay numerosos robots que ayudan a realizar las pruebas de coronavirus o que desinfectan áreas.

CONSIDERACIONES FINALES

En el ambiente de la Industria 4.0 que se ve conformada por el uso de diversas tecnologías emergentes, la medicina se puede ver beneficiada. Las tecnologías 4.0 no solo serán útiles en la manufactura de productos, sino que favorecerán el ofrecimiento de servicios médicos entre otros.

Para que las tecnologías 4.0 sean plenamente utilizadas en el ámbito de la salud y, de forma más precisa, en situaciones de epidemias, se requieren elementos tecnológicos y legales que garanticen, por ejemplo, la recopilación de datos confiables en tiempo real, además de respetar la privacidad de datos personales de los pacientes.

48 Flavio Lo Scalzo, “Tommy, el robot enfermero que ayuda a doctores italianos a salvar vidas del coronavirus”, Reuters, abril 1, 2020, <https://lta.reuters.com/articulo/salud-coronavirus-italia-robot-idLTAKBN21J6BQ>.

En la situación sanitaria que se vive como efecto de la pandemia por COVID-19, saltan a la vista varios aspectos que son necesarios de atender. Entre ellos, se observan sistemas de información y de manejo de datos que se integran por tecnologías en desuso y por tecnologías emergentes, que no se relacionan ni complementan. Lo ideal es poder contar con plataformas interoperables, con datos e información digital que permitan compartirse en tiempo real y que faciliten el seguimiento de personas en diferentes situaciones de la enfermedad.

La medicina promete ser uno de los campos en donde se ha de utilizar la tecnología 4.0 de manera más intensiva, pero todavía falta mucho por recorrer en los desarrollos tecnológicos para que por ejemplo, las cosas puedan interconectarse a través de una red de redes con servicios asociados. Pero sobre todo falta la implementación de sistemas que permitan llevar a cabo un control adecuado de la información y los datos, por lo que esta tarea es un campo fértil para los estudios de la información.

REFERENCIAS

Alsubaei, Faisal, Abdullah Abuhussein y Sajjan Shiva. "Security and privacy in the internet of medical things: taxonomy and risk assessment". *IEEE 42nd Conference on Local Computer Networks Workshops (LCN Workshops)*, (2017), DOI: 10.1109/LCN.Workshops.2017.72.

Benítez, Raúl. *Inteligencia artificial avanzada*. Barcelona: Editorial UOC, 2013.

"Big data para la personalización de tratamientos de enfermos crónicos". GMV Innovating Solutions. Septiembre 26, 2017. <https://www.gmv.com/es/Empresa/Comunicacion/Noticias/2017/09/Paphos.html>.

Casas Roma, Jordi. *Big Data: análisis de datos en entornos masivos*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya, 2019.

La pandemia por COVID-19...

- “Cómo la inteligencia artificial está combatiendo el coronavirus”. *El País*. Julio 9, 2020. <https://elpais.com/economia/entorno-seguro/2020-07-09/como-la-inteligencia-artificial-esta-combatiendo-el-coronavirus.html>.
- Crocker, Andrew. “El desafío de las aplicaciones de proximidad para el rastreo de contactos de COVID-19”. *Electronic Frontier Foundation*, abril 10, 2020, <https://www.eff.org/es/deeplinks/2020/04/challenge-proximity-apps-covid-19-contact-tracing>.
- Cruz Cortéz, María Teresa. “Industria 4.0”. *Revista Ciencia Administrativa*, 5, núm. Especial (2018).
- Diario oficial de la Unión Europea, *Reglamento General de Protección de Datos de la Unión Europea*, (abril 27, 2016), <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>.
- “Digital contact tracing can slow or even stop coronavirus transmission and ease us out of lockdown”. University of Oxford. Abril 16, 2020. <https://www.research.ox.ac.uk/Article/2020-04-16-digital-contact-tracing-can-slow-or-even-stop-coronavirus-transmission-and-ease-us-out-of-lockdown>.
- Gatouillat, Arthur *et al.*, “Internet of Medical Things: A Review of Recent Contributions Dealing With Cyber-Physical Systems in Medicine”, *IEEE Internet of Things Journal* 5, núm. 5 (Oct. 2018), DOI: 10.1109/JIOT.2018.2849014.
- Gutiérrez Martínez, Juan Antonio. “Las tecnologías disruptivas y su aplicación en la medicina con vistas al 2030”, *Revista cubana de salud pública* 45, núm. 4 (2019). <http://www.revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1563/1366>.
- Hayıroğlu Mİ. Telemedicine: Current Concepts and Future Perceptions. *Anatol J Cardiol*, 22 Suppl 2 (2019):21-22. doi:10.14744/AnatolJCardiol.2019.

- Hussain, Fatima. *Internet of Things: Building Blocks and Business Models*. Suiza: Springer, 2017.
- I Lee. "Medical cyber-physical systems", *Proceedings of the 47th Design Automation Conference*, 743-748, 2010.
- Kagermann, Henning, Lukas Wolf-Dieter y Wahlster Wolfgang. "Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution", *VDI Nachrichten* núm. 13 (2011).
- Kliff, Sarah, "La respuesta de Estados Unidos al coronavirus enfrenta un cuello de botella: el equipo de fax", *The New York Times*, julio 15, 2020, <https://www.nytimes.com/es/2020/07/15/espanol/mundo/coronavirus-sistema-salud-publica.html>.
- Krämer, B.J. "Evolution of Cyber-Physical Systems: A Brief Review", en *Applied Cyber Physical Systems*, eds. Suh S., Tanik U., Carbone J., Eroglu A., 1-3. Nueva York: Springer, 2014.
- Lara-Navarra, Pablo y David Maniega-Legarda. "Conocimiento en la nube: evolución de las intranets". *El profesional de la información* 20, núm. 2 (marzo-abril 2011): 175-181. DOI: 10.3145/epi.2011.mar.07.
- Larrinaga, Felix. Barrenechea, "Análisis de arquitecturas tecnológicas para el nuevo paradigma de la industria 4.0", *Ciencia de los ordenadores* 94 núm. 3. (Mayo-Junio, 2019), 267-271.
- León Castañeda Díaz, Christian de. "Salud electrónica (e-Salud): un marco conceptual de implementación en servicios de salud". *Gaceta Médica de México*, no. 155 (2019): 176-183.
- Miraz, Mahdi H. *et al.* "A review on Internet of Things (IoT), Internet of everything (IoE) and Internet of nano things (IoNT)". *IEEE Internet Technologies and Applications* (2015): 219-224, DOI: 10.1109/ITechA.2015.7317398.

- “MM: Optimizing prognostication and personalizing treatment in Multiple Myeloma”. *Harmony*. Consultado Agosto 17, 2020, <https://www.harmony-alliance.eu/projects/research-project/optimizing-prognostication-and-personalizing-treatment-in-multiple-myeloma-2019>.
- Murillo, Javier. “La inteligencia artificial y el combate al COVID-19”, *Forbes*, abril 17, 2020, <https://www.forbes.com.mx/la-inteligencia-artificial-y-el-combate-al-covid-19/google.com>.
- Niño González, José Ignacio y Benito Fernández Morales. “Comunicación, Salud y Tecnología: mHealth”, *Revista de Comunicación y Salud*, vol. 5 (2015): 144-153. Organización mundial de la Salud (OMS). *Atlas eHealth country profiles*. Geneva: 2010.
- Observatorio Mundial de Ciber salud de la OMS. *Regímenes jurídicos de la ciber salud. Informe basado en las conclusiones de la segunda encuesta mundial sobre ciber salud*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2012. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/77768>.
- “Qué es el “código verde” que permite a la gente en China moverse libremente (y por qué se genera polémica)”. *BBC News Mundo*, abril 8, 2020, <https://www.animalpolitico.com/bbc/china-codigo-verde-polemica/>.
- Reche Martínez, D., A. J. García Linares y J. M. Richarte Reina, “Redes ubicuas un nuevo paradigma en sanidad”. Ponencia presentada en el VI Congreso nacional de informática de la salud. Madrid, abril 2003, http://www.conganat.org/seis/inforsalud03/INFORSALUD2003_reched1.pdf.
- Rodríguez, Pablo. *Inteligencia artificial: cómo cambiará el mundo y tu vida*. Barcelona: Deusto, 2018.
- Rodríguez Gómez, Rodolfo. “Internet de las cosas: futuro y desafío para la epidemiología y la salud pública”, *Universidad y salud* 21, núm. 3 (2019): 253-260.

- Rozo García, Florelva. “Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0”, *Revista UIS Ingenierías* 19, núm. 2. (2020): 185.
- Sánchez, J. M. “Llega la herramienta de rastreo de contagios por COVID-19 de Apple y Google: tiene el respaldo de veinte países”, *ABC*, junio 20, 2020, https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-llega-herramienta-rastro-contagios-covid-19-apple-y-google-tiene-respaldo-veinte-paises-202005201901_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.
- Shacklett, Mary. “COVID-19 crisis brings new visibility to IoT and building air quality”, *TechRepublic*. Abril 8, 2020, <https://www.techrepublic.com/article/covid-19-crisis-brings-new-visibility-to-iot-and-building-air-quality/>.
- Szpanovits, Janos. “Composition of Cyber-Physical Systems”. Trabajo presentado en la 14th Annual IEEE International Conference and Workshops on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS’07), Tucson, Estados Unidos, marzo 2007). DOI: 10.1109/ECBS.2007.25.
- Temporelil, Massimo. “Industria 4.0”. *S&F_scienzae filosofia.it*, núm. 22 (2019). <https://www.scienzae filosofia.com/2019/12/19/industria-4-0/>.
- Vereyken, Lieve. *Aral Balkan and the Ethical Design Manifesto* (Agosto 7, 2018) <https://co-inpetto.org/digital-infrastructure/aral-balkan-and-the-ethical-design-manifesto/>.
- Velasco Rodríguez, Gabriela. “Mercadotecnia social: las aplicaciones móviles en el mercado sanitario”, *Horizonte sanitario* 17.1 (2018), 9-20.
- Wolfson, Bernard J. “Proliferan las apps para rastrear COVID pero... ¿realmente ayudarán?” *El Nuevo Herald*, julio 8, 2020, <https://www.elnuevoherald.com/vivir-mejor/salud/article244080722.html>.

La pandemia por COVID-19...

Xu, Li Da, Wu He, y Shancang Li. "Internet of things in industries: A survey". *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 10, núm. 4 (2014), 2233–2243. DOI: 10.1109/TII.2014.2300753.

Yager, Ronald R. and Jordán Pascual Espada, eds., *New advances in the Internet of Things*. Estados Unidos: Springer Science & Business Media, 2017.