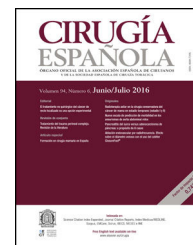




# CIRUGÍA ESPAÑOLA

[www.elsevier.es/cirugia](http://www.elsevier.es/cirugia)



## Artículo especial

# Soluciones digitales y las ciencias de la salud



Julio Mayol

Instituto de Investigación Sanitaria San Carlos, Hospital Clínico San Carlos, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

### Historia del artículo:

Recibido el 15 de julio de 2023

Aceptado el 1 de octubre de 2023

On-line el 22 de diciembre de 2023

### Palabras clave:

Digitalización

Inteligencia artificial

Telemedicina

Blockchain

Wearables

## RESUMEN

La digitalización es la conversión de datos e información analógica a un formato digital basado en bits. La digitalización permite gestionar la información de manera sencilla y estandarizable. Las soluciones digitales de salud son tecnologías que usan la digitalización de datos y la información para mejorar el ámbito sanitario en diversos aspectos, como la prevención, el diagnóstico, el tratamiento, el seguimiento, la investigación, la innovación, la formación, el entrenamiento, la gestión y la evaluación de los servicios de salud. Estas tecnologías abarcan desde las aplicaciones móviles y la telemedicina hasta la inteligencia artificial y el blockchain, con ventajas, barreras y riesgos para su aplicación en la asistencia sanitaria.

© 2023 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Digital solutions and health sciences

### ABSTRACT

Digitalization is the conversion of analog data and information to a digital format based on bits. Digitalization allows managing information in a simple and standardized way. Digital health solutions are technologies that use the digitalization of data and information to improve the health sector in various aspects, such as prevention, diagnosis, treatment, monitoring, research, innovation, training, management and evaluation of health services. These technologies range from mobile applications and telemedicine to artificial intelligence and blockchain, with advantages, barriers, and risks for their application in health care.

© 2023 AEC. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

### Keywords:

Digitalization

Artificial intelligence

Telemedicine

Blockchain

Wearables

Correo electrónico: [jmayol@ucm.es](mailto:jmayol@ucm.es)

✉ [@juliomayol](https://twitter.com/juliomayol)

<https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2023.10.007>

0009-739X/© 2023 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Introducción

La digitalización es el proceso por el cual se transforman datos e información analógica a un formato digital (código binario, 0 y 1) para formar bits, que es la unidad mínima de información que se utiliza en informática. El término proviene del inglés *binary digit*. Un bit puede tener solo dos valores posibles: 0 o 1, que se corresponden con los estados binarios de apagado o encendido, falso o verdadero, ausente o presente, etc. Con un bit se puede representar un solo valor o estado, pero con una combinación de varios bits se pueden representar muchos más valores o estados diferentes. Por ejemplo, con dos bits se pueden representar cuatro valores (00, 01, 10, 11), con cuatro bits se pueden representar dieciséis valores (0000, 0001, ..., 1111), y así sucesivamente. Los bits se agrupan en unidades mayores para facilitar el manejo de la información. La unidad más común es el byte, que está formado por ocho bits y puede representar 256 valores diferentes. Este aparentemente simple método de codificación, la digitalización, permite trabajar con datos, información y procesos de una manera sencilla, estandarizable, almacenable, reproducible y, en definitiva, gestionable, mediante herramientas o soluciones diseñadas para cumplir tareas específicas.

Las soluciones digitales de salud son el conjunto de tecnologías que se aprovechan de la digitalización de datos y que se aplican al ámbito sanitario<sup>1</sup> con el fin de mejorar la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y el seguimiento de las enfermedades, la investigación y la innovación, la formación y el entrenamiento, así como la gestión y la evaluación de los servicios de salud<sup>2</sup>. Estos procesos incluyen desde las tecnologías de la información y comunicación (aplicaciones móviles, telemedicina, redes sociales) hasta los dispositivos portables, la inteligencia artificial (IA), el *Big Data*, la realidad virtual y aumentada, o el *blockchain*. Todas ellas tienen una base común, la captura de datos, su gestión, análisis y presentación en un formato que permita la toma de decisiones por parte de gestores, profesionales y pacientes.

Sin ánimo de que sea exhaustivo, en este artículo se revisarán las soluciones tecnológicas que resultan ejes y palancas de cambio en ciencias de la salud, tanto con sus ventajas como sus retos de uso, con algunos ejemplos implementados en la actualidad.

## Historia clínica electrónica

La historia clínica electrónica (HCE) es una solución digital que permite almacenar y acceder a la información asistencial de los pacientes de forma electrónica<sup>3</sup>. Proporciona un registro centralizado y seguro de los datos de salud, lo que facilita el intercambio de información entre profesionales y mejora la coordinación del cuidado. Además, la HCE puede ofrecer otras funcionalidades, como las alertas de medicación, los recordatorios de citas y los análisis de datos avanzados (inteligencia de negocio) para la toma de decisiones clínicas. Aun así, hay que señalar que, con los modelos actuales, los sistemas de HCE suponen un gran coste en tiempo de los profesionales dedicados a tareas administrativas.

Las ventajas potenciales de la HCE se ven limitadas por una enorme barrera, que es la interoperabilidad (semántica, técnica y organizacional), ya que los sistemas a menudo utilizan formatos y estándares diferentes, dificultando el intercambio de datos entre ellos. Además, existen riesgos inherentes al uso del copia/pega, que hace que muchas notas de seguimiento no sean originales (hasta un 80% en algunos sistemas en Estados Unidos) y que alrededor del 6,5% de las notas clínicas estén incluidas en el paciente equivocado. Igualmente preocupante es la vulnerabilidad del acceso a los datos personales (seguridad y privacidad), lo que requiere salvaguardas sólidas para proteger la información confidencial de los pacientes. Son ya numerosos los casos de sistemas de historia clínica que han sido «secuestrados» mediante *malware*, como ocurrió en 60 trusts del NHS con el virus WannaCry.

En cuanto a riesgos legales y éticos, el manejo incorrecto de los datos médicos puede plantear situaciones en las que se ponga en riesgo la privacidad del paciente o el acceso no autorizado o ilegítimo a la información. Hay que recordar que los datos de la historia clínica son del paciente y, en determinadas situaciones, es necesario garantizar la obtención del consentimiento informado, cumpliendo con las regulaciones de protección de datos, como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en la Unión Europea.

El próximo reto en Europa es la creación del Espacio Europeo de Datos Sanitarios (EEDS), que tiene como objetivo garantizar y aprovechar los datos sanitarios de los ciudadanos de los países miembros para uso primario (asistencial) y secundario (investigación e innovación).

## Telemedicina

La telemedicina es una solución que utiliza las tecnologías de la información y la comunicación para proporcionar atención médica a distancia<sup>4</sup>, ya sea por teléfono, por aplicaciones de videoconferencia, con soluciones móviles o mediante monitorización a distancia. Permite a los profesionales de la salud evaluar, diagnosticar y tratar a los pacientes salvando barreras de acceso, como la distancia. Es particularmente útil en áreas remotas, donde no se dispone de medios humanos y tecnológicos. Además, ofrece la posibilidad de monitorizar a los pacientes a largo plazo.

Las barreras a la telemedicina incluyen la brecha tecnológica y cultural, la falta de infraestructura tecnológica en áreas remotas, la disponibilidad limitada de acceso a internet de alta velocidad y la resistencia al cambio por parte de algunos profesionales de la salud. Además, la telemedicina plantea desafíos en términos de la calidad de la conexión, la confidencialidad de las comunicaciones y la dificultad de realizar exámenes físicos a distancia.

Algunos riesgos legales y éticos asociados a la telemedicina incluyen el manejo inadecuado de datos médicos durante la transmisión, la responsabilidad profesional en la toma de decisiones a distancia y la protección de la privacidad del paciente. También es importante establecer directrices claras sobre la prescripción de medicamentos y la responsabilidad en caso de errores o complicaciones.

## Dispositivos portables (*wearables*)

Los *wearables* son dispositivos electrónicos que se pueden llevar puestos en el cuerpo o en la ropa y que miden y transfieren datos e información sobre funciones y actividades del organismo<sup>5</sup>. Los más habituales están en los propios dispositivos o en los relojes digitales que se conectan a teléfonos inteligentes, que operan como plataformas de comunicación enlazadas con infraestructuras de almacenamiento y procesamiento (como HCE). Entre las potenciales ventajas de la utilización de estos dispositivos encontramos la mejora de la prevención, del diagnóstico y del tratamiento de enfermedades, el seguimiento y la comunicación entre los profesionales sanitarios y los pacientes, y la promoción de hábitos de vida saludables.

Sin embargo, también existen importantes barreras que limitan su adopción, como son el alto coste de algunos *wearables*, la falta de regulación, de estandarización y de validación científica y la resistencia al cambio o la desconfianza de algunos usuarios.

Los principales riesgos que pueden implicar el uso de *wearables* en ciencias de la salud son principalmente la dependencia o la adicción a estos dispositivos, la pérdida o el robo de información sensible, la interferencia o el mal funcionamiento de otros equipos médicos y los posibles efectos adversos sobre la salud física o mental de los usuarios.

## Realidad virtual/realidad aumentada

La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) son tecnologías que ofrecen experiencias inmersivas y mejoradas en diferentes campos, incluida la medicina. En la medicina, la RV se utiliza para la formación de profesionales de la salud, la terapia de rehabilitación y la planificación de procedimientos<sup>6</sup>. Su máxima aplicación sería el metaverso, un mundo virtual donde nuestros avatares pueden interactuar para generar transacciones de información para la docencia, la asistencia, la investigación y la gestión en ciencias de la salud. Por otro lado, la RA puede superponer información digital en el entorno real, lo que puede ayudar en la visualización de estructuras anatómicas durante la cirugía o en la guía de procedimientos médicos.

Algunas de las barreras al uso de esta tecnología incluyen el coste de adquisición y mantenimiento de equipos de hardware y software, la curva de aprendizaje para los profesionales de la salud que deben familiarizarse con estas tecnologías y la necesidad de una infraestructura adecuada para su implementación.

Los riesgos legales y éticos de la RV y RA en ciencias de la salud incluyen la calidad y la precisión de las simulaciones, la privacidad y la seguridad de los datos médicos utilizados, así como la responsabilidad en caso de errores o negligencia durante el uso de estas tecnologías en procedimientos médicos reales.

## Blockchain

La tecnología *blockchain* funciona como un sistema de registro distribuido que garantiza la integridad y la seguridad de los

datos<sup>7</sup>. En el ámbito de la salud, el uso de *blockchain* puede ayudar a garantizar la privacidad y la confidencialidad de la información médica, permitir el intercambio seguro de datos entre diferentes proveedores de atención y facilitar la trazabilidad de los registros médicos. Además, *blockchain* puede ser utilizado para el seguimiento de medicamentos y la gestión de la cadena de suministro farmacéutica.

Las barreras incluyen la falta de estandarización y de adopción generalizada de la tecnología *blockchain* en el ámbito de la salud, así como los desafíos técnicos asociados con el escalado y el rendimiento de las cadenas de bloques. Además, existen preocupaciones sobre la privacidad y la confidencialidad de los datos en una cadena de bloques distribuida.

Entre los riesgos legales y éticos se incluye la protección de los datos personales almacenados en una cadena de bloques, la resolución de disputas en caso de errores o cambios no autorizados en los registros y el cumplimiento de las regulaciones de protección de datos específicas de cada país.

## Big Data e inteligencia artificial

Se denomina *Big Data* al conjunto de datos que por su volumen, su velocidad de producción y su variedad no se pueden procesar mediante técnicas estadísticas tradicionales<sup>8</sup>. Además de esas tres V, la cuarta y esencial es la V de veracidad. Los datos deben ser confiables y representar la realidad. Estos datos pueden ser estructurados (datos demográficos, resultados de laboratorio) o no estructurados (notas clínicas, imagen, vídeo, redes sociales). Tanto los datos estructurados como los no estructurados se almacenan en infraestructuras denominadas «lagos de datos» (*data lakes*). El posterior análisis del *Big Data* aplicando herramientas de la IA tiene el potencial de revolucionar la medicina al permitir la extracción de conocimientos y patrones a partir de grandes conjuntos de datos clínicos. Entre las aplicaciones disponibles están el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo (*machine learning* y *deep learning*), la visión artificial (*computer vision*), el procesamiento de lenguaje natural (*natural language processing* [NLP]), la minería de datos y procesos (*data mining*, *process mining*) y la robótica, que trataremos en un epígrafe aparte<sup>9</sup>.

A este respecto, resulta de particular interés la aparición de inteligencia artificial generativa (IAG) o grandes modelos de lenguaje (*large language models* [LLM]), que mediante redes neuronales pre-entrenadas con *Big Data* permiten generar productos (*outputs*) en forma de texto o imagen mediante una arquitectura denominada *transformer*. Este es el caso de los *generative pre-trained transformers* (GPT) y de su aplicación en forma de chatbots como ChatGPT, la tecnología que más rápidamente ha alcanzado 100 millones de usuarios<sup>10,11</sup> en la historia.

Todas estas aplicaciones pueden utilizarse para la identificación temprana de enfermedades, la personalización del tratamiento, la predicción de resultados, la mejora de los sistemas de diagnóstico, la navegación en las intervenciones, la investigación y la formación de profesionales. Además, la IA puede ayudar a automatizar tareas clínicas, como el procesamiento de imágenes médicas o la generación de informes.

Las barreras incluyen la disponibilidad y la calidad de los datos clínicos, la interoperabilidad de los sistemas de

Tabla 1 – Riesgos éticos en el uso de inteligencia artificial (IA) en ciencias de la salud y propuestas de solución

Riesgo ético	Propuesta de solución
Sesgo algoritmo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recopilar y utilizar datos diversos y representativos durante el entrenamiento</li><li>• Implementar técnicas de mitigación de sesgo en los algoritmos</li></ul>
Privacidad y confidencialidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar evaluaciones y auditorías periódicas para identificar y abordar sesgos</li><li>• Implementar medidas de seguridad y cifrado para proteger los datos de los pacientes</li><li>• Obtener consentimiento informado y transparente para el uso de datos médicos</li></ul>
Transparencia	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anonimizar y desidentificar los datos personales de los pacientes</li><li>• Mejorar la explicabilidad y la interpretabilidad de los modelos de IA</li><li>• Proporcionar información clara y comprensible sobre cómo se toman las decisiones</li></ul>
Impacto social	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fomentar la rendición de cuentas y la divulgación de los procesos de IA</li><li>• Evaluar y abordar los impactos sociales y económicos de la implementación de IA</li><li>• Promover la equidad y la justicia en el acceso y el uso de la tecnología de IA</li></ul>
Responsabilidad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fomentar la participación y la diversidad de las partes interesadas en su desarrollo</li><li>• Establecer marcos legales y regulaciones claras para el uso de IA</li><li>• Asignar roles y responsabilidades claras a los actores involucrados en la IA</li></ul>
Sesgo de datos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Implementar mecanismos de supervisión y rendición de cuentas adecuados</li><li>• Evaluar y mitigar el sesgo de los datos utilizados en el entrenamiento de la IA</li><li>• Realizar pruebas y validaciones regulares para detectar sesgos en los resultados</li><li>• Incorporar enfoques inclusivos y multidisciplinarios en la recopilación de datos</li></ul>

información de salud para recopilar datos de diferentes fuentes y la necesidad de algoritmos de IAG precisos y confiables que puedan interpretar y extraer información relevante de los datos médicos.

Los riesgos legales y éticos incluyen la responsabilidad en caso de resultados erróneos o sesgados generados por los algoritmos de IA, la privacidad y la protección de los datos médicos utilizados en el análisis y la transparencia y la explicabilidad de los modelos de IA utilizados en la toma de decisiones clínicas<sup>12</sup>. En la [tabla 1](#) se presenta un resumen de los riesgos éticos del uso de IA en ciencias de la salud y las propuestas para su solución.

Robótica

La robótica en el campo de la salud abarca desde robots quirúrgicos (ayuda a toma de decisiones de los cirujanos, más allá de las plataformas maestro-esclavo) hasta asistentes de atención médica, sistemas de preparación de fármacos automatizada y dispositivos de ayuda para la movilidad<sup>13</sup>. Aunque el objetivo más popular de la utilización de robots en salud es el aumento de la precisión y la efectividad de las intervenciones, su mayor campo de acción es la seguridad del paciente y la realización de tareas repetitivas o peligrosas, liberando a los profesionales para que se centren en tareas más complejas y de alto valor.

Las barreras incluyen el alto coste de adquisición y de mantenimiento de los robots, más aún los quirúrgicos, así como la necesidad de una formación y una capacitación especializadas para los usuarios. Además, se requiere una integración adecuada de la robótica en los entornos asistenciales existentes, tras reingenierizar los procesos para optimizar los flujos de trabajo, lo que puede llevar tiempo y esfuerzo.

Los riesgos legales y éticos de la robótica en medicina incluyen la responsabilidad en caso de errores o mal funcionamiento de los robots durante los procedimientos, la necesidad de consentimiento informado adecuado de los

pacientes y la protección de la privacidad de los datos médicos utilizados o generados por los robots, así como la falta de equidad de acceso.

Conclusión

Los progresos de la tecnología digital se han visto acelerados en las primeras dos décadas del siglo <sup>XXI</sup>; sin embargo, las mayores limitaciones a su utilización apropiada en el sector sanitario dependen de un cambio cultural y de modelo de negocio que permita superar el marco conceptual de la revolución industrial en el que «más» es equivalente a «mejor». La tecnología digital debe tener como objetivos primarios el incremento de la seguridad del paciente y la liberación de tiempo para los profesionales sanitarios.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mayol J. eSalud: Ordenadores. Internet y Medicina Anales de la Real Academia Nacional de Medicina. 2014;131:5-14. Disponible en: [https://analesranm.es/wp-content/uploads/primera-epoca/numero\\_131/2014-01.pdf](https://analesranm.es/wp-content/uploads/primera-epoca/numero_131/2014-01.pdf)

2. Sociedad Española de Informática de la Salud. Informe SEIS. Hacia la transformación digital en el sector salud. Madrid: SEIS; 2018 [consultado 12 Jul 2023]. Disponible en: <https://seis.es/wp-content/uploads/2018/02/LA-TRANSFORMACION-DIGITAL-DEL-SECTOR-SALUD-EN-ESPA%C3%91A.pdf>

3. Aguirre RR, Suarez O, Fuentes M, Sanchez-Gonzalez MA. Electronic health record implementation: A review of resources and tools. Cureus. 2019;11:e5649. <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.5649>.

4. Su Z, Li C, Fu H, Wang L, Wu M, Feng X. Review of the development and prospect of telemedicine. *Intelligent Medicine*. 2022. <http://dx.doi.org/10.1016/j.imed.2022.10.004>.
5. Lu L, Zhang J, Xie Y, Gao F, Xu S, Wu X, et al. Wearable health devices in health care: Narrative systematic review. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020;8:e18907. <http://dx.doi.org/10.2196/18907>.
6. Halbig A, Babu SK, Gatter S, Latoschik ME, Brukamp K, von Mammen S. Opportunities and challenges of virtual reality in healthcare — A domain experts inquiry. *Front Virtual Real*. 2022;3:837616. <http://dx.doi.org/10.3389/frvir.2022.837616>.
7. Haleem A, Javaid M, Singh RP, Suman R, Rab S. Blockchain technology applications in healthcare: An overview. *Int J Intell Netw*. 2021;2:130–9.
8. Mayol J. Data, big data, and surgery. *BJS Academy*; 2023. Disponible en: <https://www.bjsacademy.com/data-big-data-and-surgery>
9. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, Dong Y, Li H, Ma S, et al. Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke Vasc Neurol*. 2017;2:230–43.
10. Sallam M. ChatGPT utility in healthcare education research, and practice: Systematic review on the promising perspectives and valid concerns. *Healthcare*. 2023;11:887. <http://dx.doi.org/10.3390/healthcare11060887>.
11. OpenAI. GPT-4 Technical Report. *ArXiv* (2023). doi: 10.48550/arXiv.2303.08774
12. AI Act: A step closer to the first rules on Artificial Intelligence. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230505IPR84904/ai-act-a-step-closer-to-the-first-rules-on-artificial-intelligence>
13. Morgan AA, Abdi J, Syed MAQ, el Kohen G, Barlow P, Vizcaychipi MP. Robots in healthcare: A scoping review. *Curr Robot Rep*. 2022;3:271–80. <http://dx.doi.org/10.1007/s43154-022-00095-4>.