



## PUNTO DE VISTA

# Inteligencia artificial e *Internet of Medical Things* en UCI: momento de la implementación



## Artificial intelligence and the Internet of Medical Things in the ICU: Time for implementation

Juan-Jose Beunza<sup>a,b,c,\*</sup>, Jose-Luis Lafuente<sup>a,d</sup>, Samuel González<sup>a,e</sup>  
y Vicente Gómez-Tello<sup>a,f</sup>

<sup>a</sup> IASalud, Universidad Europea de Madrid, Villaviciosa de Odón, Madrid, España

<sup>b</sup> Research and Doctorate School, Villaviciosa de Odón, Madrid, España

<sup>c</sup> Departamento de Medicina, Villaviciosa de Odón, Madrid, España

<sup>d</sup> Departamento de Ingeniería, Universidad Europea de Madrid, Villaviciosa de Odón, Madrid, España

<sup>e</sup> Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Universitario HLA Moncloa, Madrid, España

<sup>f</sup> Servicio de Urgencias, Hospital Universitario HLA Moncloa, Madrid, España

Recibido el 20 de septiembre de 2023; aceptado el 6 de octubre de 2023

Disponible en Internet el 2 de noviembre de 2023

La revolución tecnológica que está transformando la sociedad gira alrededor del *big data* (gran volumen de datos, variedad de formatos, inmediatez de generación, procesamiento y ejecución), el *machine learning* (algoritmos de inteligencia artificial con análisis y aprendizaje automático) y la sensorización múltiple y masiva, llamado comúnmente *Internet of Things* (intercambio automático de datos entre dispositivos y servidores).

En el caso de los cuidados intensivos la implementación de todas estas posibilidades tecnológicas acaba de comenzar<sup>1</sup>. A pesar de que la tecnología mencionada está fácilmente disponible (las librerías de lenguajes *open*

*source*, como Python, son múltiples y de libre acceso), de que son fáciles de utilizar (incluso para estudiantes de carreras tecnológicas) y de su bajo coste, las UCI de todo el mundo siguen realizando manualmente tareas que son fácilmente automatizables. Las posibilidades que existen para explorar los datos generados por los pacientes y profesionales en dicho entorno son enormes, con proyección al desarrollo de una atención médica más personalizada<sup>2,3</sup>.

Como ejemplo práctico traemos a colación una reciente publicación de nuestro grupo donde se propone implementar un urinómetro inteligente que permite automatizar la medición de la diuresis de pacientes sondados<sup>4</sup>. Mediante un sistema de sensorización de infrarrojos abrazado a un gotero estándar colocado antes de la bolsa de recogida de orina, podemos medir el número de gotas de orina que se producen por minuto y, por tanto, la estimación de la diuresis en tiempo real. Incluye el dispositivo un

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [Juanjose.beunza@universidadeuropea.es](mailto:Juanjose.beunza@universidadeuropea.es) (J.-J. Beunza).

sistema de alarmas para detectar oliguria, anuria o incluso pequeños cambios del patrón de diuresis, personalizado para el paciente. Además, incluye un colorímetro que nos permite medir en tiempo real el color de la orina, detectando de manera precisa y prematura hematuria o ictericia, entre otras afecciones. Toda esta información es volcada automáticamente mediante comunicación LoRa en los sistemas de información clínica. El coste del mismo en producción se estima inferior a 50€, sin costes adicionales de materiales fungibles (o desechables).

Todo parece indicar que el uso de *Internet of Medical Things* (IoMT), con su filosofía de «cosecha» del dato, junto a las técnicas de *machine learning* y *big data* cambiarán el paradigma tecnológico en las UCI.

Elementos clave de esta transformación:

1. Es el momento de la implementación. La tecnología ya está disponible. No esperamos, o al menos no son necesarios grandes desarrollos tecnológicos nuevos. Lo que sí esperamos es que la implementación de estos desarrollos cubra la realidad y necesidades de las UCI transformando radicalmente la práctica clínica.
2. La tecnología es accesible y sencilla de usar. Muchas veces mediante lenguajes o aplicaciones *open source* (p. ej. Python) y en general a bajo coste, y esto atañe también tanto a los nuevos sensores que están saliendo al mercado como a los servicios comerciales de nubes disponibles, necesarios para la conectividad en tiempo real.
3. Es imprescindible incorporar a los equipos de trabajo perfiles profesionales técnicos que entiendan la realidad de nuestras UCI. Muchos desarrollos de productos comerciales son inútiles porque han sido desarrollados por ingenieros, sin tener en cuenta la realidad del entorno de una UCI. El camino parte, por tanto, de que los profesionales sanitarios definan la pregunta o problema a resolver y que los ingenieros pongan todo su conocimiento para resolver esas necesidades (y no otras, y mucho menos para generar nuevas necesidades por puras razones comerciales).
4. Hay que tener mucho cuidado con la validez externa de los algoritmos de *machine learning*, con serios problemas de sobreajuste. En otras palabras, soluciones de medicina de precisión pueden ser válidas para la población de entrenamiento, pero no para pacientes de otro país, raza o cultura. Esto puede chocar con el modelo de negocio de rápido y masivo escalado (*blitzscaling*) típico de las grandes tecnológicas, y está entre las razones de que la revolución tecnológica no se haya extendido todavía de manera masiva al ámbito sanitario. Sin embargo, nada impide el desarrollo de soluciones locales de alto valor desarrolladas por equipos locales y con valor comercial a escala más pequeña.
5. La información obtenida y analizada debe ser procesada con sentido clínico, por lo que es imprescindible la participación de sanitarios en este desarrollo. La entrega de la información deberá ser gestionada por medio de sistemas de soporte a la toma de decisiones clínicas (SSTDC o CDSS en inglés), que faciliten la obtención de información y la toma de decisiones sin que suponga un coste en tiempo o esfuerzo para los sanitarios. La implementación de tecnología (*hardware/software*) clínica de código abierto (*open source*) y la creación de comités de expertos para garantizar la seguridad del paciente pueden ser una forma efectiva de abordar ciertas limitaciones en la atención médica. El enfoque principal de todo el sistema debe ser la seguridad del paciente.

Entre las mayores limitaciones que pensamos que tiene esta transformación están:

1. La falta de conocimiento tecnológico por parte de los clínicos, que no saben qué posibilidades les ofrece, las limitaciones (a veces muy importantes) que pueden tener los algoritmos de aprendizaje automático y la falta de entendimiento con los ingenieros.
2. Barreras normativas que, aunque necesarias para la seguridad del paciente, enlentecen y encarecen los desarrollos locales hasta el punto de que a veces los hacen imposibles.
3. La falsa esperanza de que esta implementación tecnológica vendrá de la mano de las grandes empresas tecnológicas dependientes de un gran y rápido retorno económico a sus accionistas, más que del desarrollo de soluciones adecuadas para el sistema sanitario. En este sentido parece natural la colaboración conjunta entre hospitales, universidades y empresas interesadas (*stakeholders*) en el desarrollo de aplicaciones y soluciones prácticas, más allá de investigaciones básicas o teóricas.
4. Aunque a día de hoy la mayoría de las UCI cuentan con una historia clínica electrónica (HCE o HIS), y en muchas de ellas existe una integración directa en la gráfica de los sistemas de monitorización como respiradores, hemofiltros, etc., no está implementada en casi ninguna unidad un sistema que permita utilizar esos datos en tiempo real, en conjunción con algoritmos de inteligencia artificial y sensores para optimizar los sistemas de soporte a la toma de decisiones clínicas. Este es un paso fundamental para acercar el IoMT a nuestra práctica cotidiana como intensivistas. Aparte del uso de diferentes vías para establecer la conexión física, dependiendo de la idoneidad del entorno o la aplicación, como puede ser WiFi, Bluetooth o LoRa, en el ámbito clínico se ha llegado con éxito por parte de la mayoría de marcas de dispositivos a elegir el protocolo HL7 como medio de intercambio de datos entre los diferentes dispositivos y el propio *software* de historia clínica. El protocolo HL7 en sus últimas versiones, realmente mejorado, es un protocolo de intercambio de datos precisamente *open source*, y es un claro indicador de que el sector apunta a poner valor en cuestiones diferentes a la propiedad de datos y camina hacia la posibilidad de intercomunicación entre diferentes marcas y tecnologías. El protocolo HL7 permite hacerlo de forma ordenada. Otra cuestión es la de conseguir que las aplicaciones permitan incluir fácilmente la utilización de cualquier sensor de manera rápida y sencilla, mediante herramientas de configuración y no teniendo que programar un nuevo *driver* o realizar una integración con una nueva aplicación informática.

En resumen la implementación de las nuevas tecnologías vendrá a resolver problemas locales con soluciones locales, y eso implica la incorporación de perfiles tecnológicos a nuestros equipos de trabajo habituales, en los que hablemos todos ambos idiomas: el clínico y el tecnológico. Sin olvidar

que el punto de partida de estos desarrollos son las necesidades clínicas y que el objetivo final es la integración de dichas soluciones en los procesos clínicos habituales, aportando valor al trabajo clínico, bien por su mayor eficiencia, bien por su mayor valor clínico.

### **Financiación**

Este trabajo fue apoyado por BHD Consulting (España) a través de la Cátedra de investigación BHD-IASalud de la Universidad Europea de Madrid.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### **Bibliografía**

1. Sanchez-Pinto LN, Luo Y, Churpek MM. Big data and data science in critical care. *Chest*. 2018;154:1239–48.
2. Ocampo-Quintero N, Vidal-Cortés P, del Río Carbajo L, Fdez-Riverola F, Reboiro-Jato M, Glez-Peña D. Enhancing sepsis management through machine learning techniques: A review. *Med Intensiva*. 2022;46:140–56.
3. Manrique S, Ruiz-Botella M, Rodríguez A, Gordo F, Guardiola JJ, Bodí M, et al. Secondary use of data extracted from a clinical information system to assess the adherence of tidal volume and its impact on outcomes. *Med Intensiva*. 2022;46:619–29.
4. Lafuente JL, González S, Puertas E, Gómez-Tello V, Avilés E, Albo N, et al. Development of a urinometer for automatic measurement of urine flow in catheterized patients. *PLoS One*. 2023;18:e0290319.