

# Healthcare 5.0: Oportunidades para la Ingeniería Clínica



La integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas médicas (IoTm), la robótica, la realidad virtual, la realidad aumentada y la analítica de datos, está marcando un cambio en la prestación de servicios de salud. En este entorno se busca mejorar la eficiencia de los servicios sanitarios con un énfasis en la personalización de la atención al paciente y promoviendo un enfoque más humano y centrado en el bienestar de las personas. Este paradigma se le denomina “Healthcare 5.0” y para la ingeniería clínica significa una oportunidad para consolidar su papel como puente entre la tecnología innovadora y su implementación efectiva en las instituciones de salud.

La quinta Revolución en los sistemas de atención médica, también denominada Healthcare 5.0, se caracteriza por la adopción de tecnologías digitales avanzadas y conectadas. Es un análogo al concepto de Industria 5.0, la cual se centra en la colaboración con las máquinas con un énfasis en la sostenibilidad y resiliencia. Entre sus elementos clave se encuentran los siguientes:

- **Conectividad total:** a través de la integración de dispositivos médicos inteligentes por medio de redes de interconectividad, se permite desarrollar funciones como el monitoreo remoto de los pacientes en tiempo real.
- **Atención personalizada:** el uso de datos masivos, o Big Data, y algoritmos de IA, fomenta el desarrollo de tratamientos específicos para cada paciente, sentando las bases de la medicina de precisión.
- **Interacción humano-máquina:** con el desarrollo de robots colaborativos en funciones como cirugía, rehabilitación

y diagnóstico, se ha dado un paso hacia la optimización y acceso de los recursos, así como hacia la realidad aumentada para efectos de capacitación y asistencia médica.

- **Enfoque preventivo y predictivo:** a partir de los análisis realizados a los datos en tiempo real, es posible desarrollar modelos de predicción de enfermedades y de complicaciones en las mismas. El aprendizaje automático permite implementar sistemas de alerta temprana como apoyo al diagnóstico y tratamiento.
- **Ética y sostenibilidad:** se generan principios que se fundamenta en el uso de las tecnologías para la mejora en la calidad de vida de las personas, así como la reducción del impacto ambiental por parte de los sistemas de salud.

### **Oportunidades para la Ingeniería Clínica en Healthcare 5.0**

La gestión de las tecnologías es una de las funciones más importantes de los ingenieros clínicos (IC) dentro de las organizaciones de salud. La transición hacia el Healthcare 5.0 amplía las oportunidades de desarrollo de los ingenieros clínicos y les presenta una serie de retos principalmente relacionados con la integración de tecnologías, la efectividad de su capacidad operativa, la seguridad en el manejo de datos e información y la efectividad con respecto a los resultados clínicos. Algunas de las oportunidades más significativas se presentan a continuación:

- **Gestión del Internet de las Cosas Médicas (IoTm):** los desarrollos tecnológicos basados en la conectividad y el internet permiten que dispositivos inteligentes recopilen datos y los analicen en tiem-

po real. Equipos como los monitores de signos vitales, bombas de infusión y los dispositivos portátiles, derivarán información de apoyo a la toma de decisiones para los tratamientos de los pacientes. Las funciones del IC se enfocarán en la implementación y mantenimiento de las redes IoT a través de protocolos de seguridad y confiabilidad, la integración de dispositivos IoTm con los sistemas de gestión de la información como el expediente clínico electrónico, y el aseguramiento de la interoperabilidad entre los diferentes equipos.

- Implementación de la Inteligencia Artificial (IA) en diagnóstico y tratamiento: el análisis de grandes volúmenes de datos para la optimización del diagnóstico y la predicción de los resultados clínicos es una realidad. El IC participará en proyectos colaborando con desarrolladores de IA para adaptar soluciones a los requerimientos hospitalarios, validará la seguridad y precisión de sistemas basados en IA, y diseñará protocolos para el uso ético de la IA en entornos clínicos.
- Desarrollo de infraestructura para sistemas robóticos: el uso de robots para funciones como la cirugía asistida, rehabilitación y logística permite eficientar los servicios ,así como darle mayor acceso a la población. La supervisión de la instalación y calibración de los robots de asistencia quirúrgica, el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas robóticos, y la capacitación al personal médico en su uso seguro serán funciones del IC en este entorno.
- Diseño y desarrollo de soluciones de realidad aumentada y realidad virtual: estas herramientas son muy útiles en la formación de recursos humanos, la planeación quirúrgica y la terapia de rehabilitación. Las funciones del IC se enfocarán en la selección y evaluación de las mejores tecnologías para los hospitales, el diseño de sistemas de integración entre los software y los dispositivos médicos, y la supervisión en la implementación de simuladores de realidad virtual para capacitación médica.
- Gestión de datos masivos y analítica avanzada: La toma de decisiones se favorece al contar con herramientas que permitan gestionar grandes cantidades de datos y provean métodos avanzados de análisis. El IC puede participar en la implementación de plataformas analíticas para consolidar la gestión de los datos recopilados de los dispositivos médicos y su integración con el expediente electrónico del paciente, el desarrollo de protocolos y mecanismos para garantizar la seguridad y confidencialidad de los datos médicos, y colaborar con equipos multidisciplinarios para interpretar los resultados de los análisis.
- Diseño y gestión de hospitales inteligentes: el entorno en el que el Healthcare 5.0 trabajará será el de los hospitales inteligentes. Estos tendrán los elementos para la completa integración de las tecnologías digitales para la automatización de procesos y, en última instancia, mejorar los servicios de salud. Las oportunidades para el IC se centran en el diseño de sistemas inteligentes de monitoreo y control para equipos médicos, la automatización en áreas logísticas de apoyo en los hospitales, y la supervisión de la implementación de tecnologías sostenibles.

- Ciberseguridad en dispositivos médicos: la conectividad de dispositivos y sistemas ofrece retos importantes con respecto a la integridad y seguridad de la información que se gestiona. Los ataques que vulneran dichos sistemas se multiplican y demandan una mayor atención a esta función, ahora prioritaria en el contexto digital. El papel del IC es estratégico, ya que se encargará de implementar medidas de ciberseguridad en los dispositivos médicos conectados, realizar auditorías de manera periódica para identificar vulnerabilidades en los sistemas, y diseñar protocolos para responder a incidentes de seguridad.
  - o Implementación de sistemas de seguimiento automático de pacientes mediante sensores conectados.
  - o Protección de marcapasos conectados contra posibles ataques cibernéticos.

Algunos ejemplos específicos de las funciones del IC dentro del paradigma Healthcare 5.0 son:

- o Configuración de sistemas de monitoreo remoto para pacientes con enfermedades crónicas.
- o Implementación de sistemas de IA para la detección temprana de enfermedades como el cáncer mediante análisis de imágenes.
- o Implementación de robots quirúrgicos como el Da Vinci, que permite realizar procedimientos mínimamente invasivos con mayor precisión.
- o Uso de realidad aumentada en la planificación de cirugías complejas mediante la visualización en 3D de estructuras anatómicas.
- o Análisis de datos para identificar tendencias en la aparición de infecciones hospitalarias.

El paradigma 5.0 tiene un fuerte componente en la colaboración y la integración de equipos de trabajo, humanos y no humanos, para la consecución de los objetivos. En este sentido, el IC enfrenta una serie de retos que tendrá que sortear para garantizar el éxito en los emprendimientos digitales en los hospitales. La interoperabilidad es uno de los más inmediatos, ya que se debe garantizar la comunicación entre equipos médicos de diferente origen. La inversión para la adquisición y gestión de tecnologías avanzadas es una barrera importante ante los limitados presupuestos. El uso responsable de plataformas y herramientas basadas en IA debe ser prioritario, ya que implica aspectos de privacidad y derechos de los pacientes. La capacitación en el uso de tecnologías emergentes se vuelve también un elemento relevante para obtener resultados positivos en la implementación y manejo de los entornos digitales e inteligentes.

Este último punto es crítico para el IC, puesto que altera en gran modo la formación tradicional que la ingeniería clínica ha tenido. La velocidad en la evolución de las tecnologías genera una dinámica en la que, además de los conocimientos actuales, se tendrán que aprender nuevos temas y herramientas en un camino de no retorno. En descargo del paradigma 5.0, el énfasis colaborativo permitirá una integración con un impacto controlado para el IC, pero es necesario que se aprendan habilidades adicionales a las de un ingeniero:

- Comprensión profunda de las necesidades del entorno, no solamente las clínicas. Dada la interrelación entre los sistemas dentro del hospital, la complejidad de los problemas demandará una aproximación de mayor integración.
- Habilidades para el diseño y desarrollo de dispositivos médicos orientados al contexto. En atención al punto anterior, el contexto proporcionará elementos de valor para la propuesta de soluciones tecnológicas.
- Gestión de proyectos, como un proceso continuo, basado en el paciente. Dado el protagonismo que el paciente tiene en el paradigma 5.0, los proyectos relacionados con la tecnología deben considerarlo para el desarrollo de proyectos dentro del hospital.
- Fortalecimiento de la colaboración interdisciplinaria, tanto con los actores actuales como con los que se van integrando, en particular con los expertos en tecnologías de la información.
- Conocimiento en profundidad de la parte regulatoria y ética en el contexto 5.0. Dada su naturaleza, ambos aspectos deben estar presentes en todas las acciones dentro del hospital.

Healthcare 5.0 representa una oportunidad única para que la ingeniería clínica

lidere la transformación del sistema de salud, integrando tecnologías avanzadas de manera eficiente y segura. Los ingenieros clínicos desempeñarán un papel vital como facilitadores de esta evolución, asegurando que las innovaciones tecnológicas cumplan con las expectativas clínicas, financieras y éticas. Con un enfoque en la personalización, la sostenibilidad y la conectividad, Healthcare 5.0 no solo mejorará los resultados de los pacientes, sino que también redefinirá el papel de la tecnología en la atención médica, con los ingenieros clínicos como protagonistas del cambio. El costo de este papel actualizado para el IC no es menor, habrá que trabajar de manera importante en comprender y manejar apropiadamente los elementos digitales, inteligentes y su integración en el ámbito médico, pero la naturaleza de su trabajo permitirá facilitar su incursión de manera positiva.

#### Referencias:

- Gomathi, L., Mishra, A. K., & Tyagi, A. K. (2023, April). Industry 5.0 for Healthcare 5.0: Opportunities, Challenges and Future Research Possibilities. In *2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (pp. 204-213). IEEE.
- Mbunge, E., Muchemwa, B., Jiyane, S., & Batani, J. (2021). Sensors and healthcare 5.0: transformative shift in virtual care through emerging digital health technologies, *Glob. Health J* (2021). J. GLOHJ, 8.