

Transformación de la Administración y gestión sanitaria mediante un ecosistema basado en inteligencia artificial

Ángel Chimenea Toscano



Instituto Andaluz de Administración Pública | Premios Blas Infante XX Edición

TRANSFORMACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN SANITARIA MEDIANTE UN ECOSISTEMA BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Trabajo galardonado en 2024 con el Premio Blas Infante de Estudio e Investigación en el ámbito de la Comunidad Autónoma, en su XX edición en la modalidad B, “Innovación en la Administración Pública”, incluyendo estudios de ámbito internacional, que reflexionen sobre nuevas maneras de abordar los distintos ámbitos de la acción pública o supongan actuaciones innovadoras en sus respectivas áreas, relativas a su organización, funciones, modernización de la gestión del servicio público, innovación en servicios y procesos y aplicación de nuevas tecnologías.

**TRANSFORMACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN
SANITARIA MEDIANTE UN ECOSISTEMA BASADO EN
INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Ángel Chimenea Toscano

Instituto Andaluz de Administración Pública
Sevilla 2025

Transformación de la Administración y gestión sanitaria mediante un ecosistema basado en inteligencia artificial / Ángel Chimenea Toscano.

Sevilla: Instituto Andaluz de la Administración Pública, 2025
122 p. ; 24 cm. - (Estudios).

Trabajo galardonado en 2024 con el Premio Blas Infante de Estudio e Investigación sobre Administración y Gestión Pública, en su XX edición en la modalidad B, "Innovación en la Administración Pública", a trabajos de estudio e investigación sobre Administración Pública, incluyendo estudios de ámbito internacional, que reflexionen sobre nuevas maneras de abordar los distintos ámbitos de la acción pública o supongan actuaciones innovadoras en sus respectivas áreas, relativas a su organización, funciones, modernización de la gestión del servicio público, innovación en servicios y procesos y aplicación de nuevas tecnologías.

ISBN: 978-84-8333-732-5

Depósito legal: SE 400-2025

Inteligencia Artificial; Sanidad; Administración Pública; Salud Pública

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS. NO ESTÁ PERMITIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL EN NINGÚN TIPO DE SOPORTE SIN PERMISO PREVIO Y POR ESCRITO DEL TITULAR DEL COPYRIGHT

TRANSFORMACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN SANITARIA
MEDIANTE UN ECOSISTEMA BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

AUTOR: Ángel Chimenea Toscano

© INSTITUTO ANDALUZ DE ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

Edita: Instituto Andaluz de Administración Pública

Coordinación y corrección: Jesús Fernández Bujalance

Diseño, maquetación e impresión: Imprenta Flores

ISBN: 978-84-8333-732-5

Depósito legal: SE 400-2025

ÍNDICE

PRÓLOGO	13
RESUMEN	15
ABSTRACT	17
CAPÍTULO 1. CONTEXTO DE LA ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN SANITARIA	19
1.1. CONCEPTOS GENERALES.....	19
1.1.1. Definición de inteligencia artificial.....	19
1.1.2. Marco histórico.....	20
1.1.3. <i>Machine learning</i> (aprendizaje automático).....	22
1.1.4. Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN).....	23
1.1.5. Sistemas expertos basados en reglas.....	24
1.1.6. Comprensión del rol de los datos.....	25
1.2. ANTECEDENTES.....	26
1.2.1. Evolución e impacto en la atención sanitaria.....	26
1.2.2. Desafíos de la integración de la IA en entornos sanitarios.....	28
1.2.3. Importancia de la formación en IA para los gestores sanitarios.....	28

1.2.4. Hacia un ecosistema basado en IA.....	29
1.2.5. Repercusión económica de la incorporación de IA.....	30
CAPÍTULO 2. TRANSFORMACIÓN EN LA GESTIÓN SANITARIA: HACIA UN ECOSISTEMA DE SALUD BASADO EN IA.....	31
2.1. CONCEPTO DE ECOSISTEMA DE SALUD DIGITAL.....	31
2.2. CONEXIÓN Y APLICACIONES DE UN ECOSISTEMA BASADO EN IA.....	32
2.2.1. Aplicaciones de IA en asistencia sanitaria.....	32
2.2.2. Integración de datos sociales y clínicos.....	32
2.2.3. Tecnologías habilitadoras y ejemplos prácticos.....	33
2.3. IMPACTO Y FUTURO DE LOS ECOSISTEMAS DE SALUD BASADOS EN IA.....	34
CAPÍTULO 3. FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA DE IA EN HOSPITALES Y OTROS CENTROS DE ATENCIÓN SANITARIA.....	37
3.1. DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO MEDIANTE APLICACIONES BASADAS EN IA.....	37
3.2. APLICACIONES ADMINISTRATIVAS POTENCIADAS POR IA.....	38
3.3. APLICACIONES DE IA EN GESTIÓN SANITARIA Y HOSPITALARIA.....	38
3.3.1. Optimización de la gestión de recursos.....	39
3.3.2. Planificación y logística.....	40
3.3.3. Análisis predictivo para la gestión de pacientes.....	41
3.3.4. Automatización de procesos administrativos en gestión.....	41
3.3.5. Gestión de la experiencia del paciente.....	43

CAPÍTULO 4. BENEFICIOS Y POTENCIAL DEL ECOSISTEMA DE SALUD BASADO EN LA IA. IMPACTO EN LA SALUD GLOBAL	45
4.1. BENEFICIOS GENERALES DEL EMPLEO DE IA	45
4.2. POTENCIAL ESPECÍFICO DE LA INTEGRACIÓN DE APLICACIONES DE IA	47
4.3. IMPACTO POTENCIAL EN LA SALUD	51
CAPÍTULO 5. DESAFÍOS Y REGULACIONES EN EL USO DE IA EN GESTIÓN SANITARIA	53
5.1. INTRODUCCIÓN	53
5.2. DESAFÍOS EN EL USO DE IA EN GESTIÓN SANITARIA	54
5.2.1. Privacidad y protección de datos	54
5.2.2. Transparencia y explicabilidad	55
5.2.3. <i>Bias</i> y equidad	55
5.2.4. Responsabilidad	56
5.3. NORMATIVA NACIONAL Y EUROPEA RELACIONADA	56
5.3.1. Reglamento General de Protección de Datos (GDPR)	56
5.3.2. Proyectos legislativos en marcha	57
5.3.3. Normativa española	58
5.4. ASPECTOS ÉTICOS	58
5.4.1. Consentimiento informado	58
5.4.2. Equidad y acceso	59

CAPÍTULO 6. AVANCES ACTUALES Y FUTUROS EN GESTIÓN SANITARIA CON IA	61
6.1. EXPERIENCIAS EXITOSAS Y TENDENCIAS DE USO DE LA IA EN SALUD	61
6.1.1. IA en el diagnóstico médico	61
6.1.2. IA en el descubrimiento de medicamentos	65
6.1.3. IA como elemento transformador de la experiencia del paciente	68
6.1.4. Ejemplos de IA para la gestión de datos de salud	73
6.1.5. IA en cirugía robótica	78
6.2. IBM E IA EN EL SECTOR SALUD	80
6.3. EL FUTURO Y EL POTENCIAL DE LA IA EN EL ECOSISTEMA DE SALUD	81
CAPÍTULO 7. PROPUESTAS DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE IA EN LA GESTIÓN SANITARIA EN ANDALUCÍA	83
7.1. ESTRATEGIA ANDALUZA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL 2023-2030	83
7.1.1. Contexto y objetivos de la Estrategia Andaluza de IA	83
7.1.2. Aplicaciones específicas basadas en IA para la salud	84
7.2 ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ECOSISTEMA BASADO EN IA EN LA GESTIÓN SANITARIA DE ANDALUCÍA	86
7.2.1. Introducción	86
7.2.2. Situación actual	86
7.2.3. Estrategia para la creación de un ecosistema de IA en Andalucía	86
7.2.4. Objetivos estratégicos	88

7.3. INTEGRACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE IA EN EL PROYECTO DE ISA	89
7.3.1. Introducción	89
7.3.2. Alianza estratégica y gobernanza	90
7.3.3. Desarrollo de infraestructura y estándares de datos	91
7.3.4. Capacitación y desarrollo de talento	91
7.3.5. Innovación y colaboración público-privada	91
7.3.6. Evaluación y mejora continua	92
7.4. IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ESTRATIFICACIÓN DE RIESGOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA QUIRÚRGICOS EN ANDALUCÍA A TRAVÉS DE LA IA	92
7.4.1. Introducción	92
7.4.2. Objetivos de la propuesta	93
7.4.3. Metodología	96
7.4.4. Beneficios esperados	98
7.4.5. Conclusión	100
7.5. OPTIMIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS PARA REDUCCIÓN DE LISTAS DE ESPERA EN PRUEBAS DIAGNÓSTICAS MEDIANTE LA IA	100
7.5.1. Introducción	100
7.5.2. Objetivos de la propuesta	101
7.5.3. Metodología	103
7.5.4. Beneficios esperados	104
7.5.5. Conclusiones	105
7.6. OPTIMIZACIÓN DE LA TASA DE CESÁREAS MEDIANTE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	105
7.6.1. Introducción	105
7.6.2. Objetivos de la propuesta	106

7.6.3. Metodología.....	108
7.6.4. Beneficios esperados.....	109
7.6.5. Métricas e indicadores.....	110
CAPÍTULO 8. EXPERIENCIAS Y CASOS DE ESTUDIO DE LA IA EN LA GESTIÓN SANITARIA.....	111
8.1. CASO DE ESTUDIO: HOSPITAL JOHN RADCLIFFE, OXFORD, REINO UNIDO.....	111
8.2. CASO DE ESTUDIO: CLÍNICA MAYO, ESTADOS UNIDOS.....	112
8.3. CASO DE ESTUDIO: HOSPITAL UNIVERSITARIO DE TOKIO, JAPÓN.....	113
8.4. LECCIONES GLOBALES Y CONSIDERACIONES FUTURAS.....	114
CAPÍTULO 9. PARTICIPACIÓN DEL PACIENTE Y CAMBIO CULTURAL EN LA GESTIÓN SANITARIA CON IA.....	117
9.1. PARTICIPACIÓN DEL PACIENTE. MÁS QUE UN CAMBIO TECNOLÓGICO.....	118
9.2. CAMBIO EN LA RELACIÓN MÉDICO-PACIENTE. DEL PATERNALISMO A LA COLABORACIÓN.....	119
9.3. CAMBIOS CULTURALES EN EL SISTEMA DE SALUD. ADAPTACIÓN Y RESISTENCIA.....	120
9.4. DESAFÍOS ÉTICOS Y EQUIDAD.....	121

PRÓLOGO

La transformación digital ha llegado a la gestión sanitaria con una fuerza imparable. En la última década, la inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una herramienta clave para mejorar la eficiencia, la toma de decisiones y, en última instancia, la calidad de la atención médica y la experiencia del paciente. Sin embargo, más allá del avance tecnológico, esta evolución representa un cambio de paradigma en la forma en que concebimos la salud, la gestión hospitalaria y la relación entre profesionales sanitarios, instituciones y pacientes.

Este libro, *Transformación de la Administración y Gestión Sanitaria mediante un Ecosistema Basado en Inteligencia Artificial*, aborda con rigor, amplitud y profundidad los múltiples aspectos de esta revolución. A lo largo de sus capítulos, podemos explorar tanto los fundamentos de la adopción de la IA en la sanidad como sus aplicaciones prácticas en hospitales y centros asistenciales. También se analizan los beneficios que estos sistemas pueden aportar a la salud global, así como los desafíos y las regulaciones necesarias para su implementación responsable.

Su autor, con quien he tenido la oportunidad y la fortuna de colaborar científicamente en diversas ocasiones, une su experiencia en el ámbito médico con una visión innovadora sobre el papel de la tecnología en la gestión sanitaria. Desde mi perspectiva como profesional e investigadora en el ámbito de la ingeniería informática, he sido testigo del impacto que la IA puede tener en la optimización de procesos, en la capacidad predictiva de los sistemas de salud y en la personalización de la atención médica. Pero también estoy convencida de que la tecnología, por sí sola, no es suficiente: su éxito depende de una integración adecuada en los flujos de trabajo, de la confianza de los profesionales y de la aceptación de los pacientes.

Por ello, resulta especialmente relevante que este libro no solo explore los avances tecnológicos y las oportunidades que ofrece la IA, sino que también dedique espacio a cuestiones cruciales como el cambio cultural en la gestión sanitaria y la participación valiosa del paciente en este nuevo ecosistema digital. En particular, el capítulo dedicado a las propuestas de aplicación de IA en la gestión sanitaria en Andalucía ofrece una visión concreta y cercana de cómo estas herramientas pueden contribuir al desarrollo de sistemas de salud más eficientes y equitativos.

En definitiva, esta obra es una guía imprescindible para quienes tengan interés en comprender cómo la IA está transformando la administración y gestión sanitaria. Profesionales de la salud, de la gestión sanitaria, de la ingeniería, de la investigación y responsables de políticas encontrarán en estas páginas una fuente muy valiosa de conocimiento y reflexión sobre el presente y el futuro de la sanidad en esta época de cambio continuo.

Espero que esta lectura inspire nuevas ideas y fomente el diálogo necesario para aprovechar el potencial de la inteligencia artificial en beneficio de todas y todos, particularmente en nuestra tierra, Andalucía.

Dra. María del Carmen Romero Ternero

Directora de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática

Universidad de Sevilla

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) se presenta como una herramienta esencial con un impacto potencial significativo en la gestión de la salud, ofreciendo soluciones confiables y escalables para grandes poblaciones. Su aplicación se extiende a aspectos clínicos como el diagnóstico, las recomendaciones de tratamiento, la participación del paciente y diversas actividades administrativas, liberando tiempo valioso para la atención directa. Además, la IA automatiza tareas como la entrada de datos, el procesamiento de reclamaciones y la programación de citas, mejorando la eficiencia operativa.

En el ámbito de la gestión, la IA optimiza la experiencia del paciente y potencia la salud poblacional, además de contribuir a la reducción de costos y a la mejora de la asignación de recursos. Aunque enfrenta desafíos regulatorios y éticos, su capacidad para transformar el procesamiento de datos de salud, el diagnóstico de enfermedades y la gestión administrativa es innegable.

Este trabajo no solo explora la implementación actual de la IA en la gestión sanitaria andaluza, sino que también destaca la necesidad de avanzar hacia un ecosistema integrado basado en IA. Este enfoque permitiría que los datos generados por diversas aplicaciones mejoren la atención clínica, a la par de informar acerca de la planificación y gestión de recursos en tiempo real. Al integrar los datos radiológicos, por ejemplo, se podría anticipar la demanda de procedimientos médicos y ajustar los objetivos de los médicos de Atención Primaria, además de identificar incidencias anormalmente altas de enfermedades en la población para una respuesta más eficaz en salud pública.

En definitiva, el trabajo aborda aplicaciones prácticas de la IA en hospitales, beneficios potenciales, desafíos éticos y oportunidades en investigación y desarrollo, proponiendo un marco para mejorar la salud global a través de soluciones sostenibles que convergen datos sociales y de salud en un sistema inteligente y colaborativo.

ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) emerges as an essential tool with significant potential impact on healthcare management, offering reliable and scalable solutions for large populations. Its application extends to clinical aspects such as diagnosis, treatment recommendations, patient engagement, and various administrative activities, freeing up valuable time for direct patient care. Additionally, AI automates tasks like data entry, claims processing, and appointment scheduling, improving operational efficiency.

In the realm of management, AI not only optimizes patient experience and enhances population health but also contributes to cost reduction and better resource allocation. While it faces regulatory and ethical challenges, its capacity to transform health data processing, disease diagnosis, and administrative management is undeniable.

This work not only explores the current implementation of AI in Andalusian healthcare management but also highlights the need to advance toward an integrated AI-based ecosystem. This approach would allow data generated by various applications to not only improve clinical care but also inform real-time resource planning and management. By integrating radiological data, for example, one could anticipate the demand for medical procedures and adjust primary care physicians' objectives, as well as identify abnormally high incidences of diseases in the population for a more effective public health response.

Ultimately, this work addresses practical applications of AI in hospitals, potential benefits, ethical challenges, and opportunities in research and development, proposing a framework to improve global health through sustainable solutions that converge social and health data into an intelligent and collaborative system.

CAPÍTULO 1. CONTEXTO DE LA ADOPCIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN SANITARIA

1.1. CONCEPTOS GENERALES

La evolución e incorporación de herramientas basadas en inteligencia artificial (IA) está revolucionando numerosos campos en la sociedad gracias a su capacidad para procesar y analizar grandes cantidades de datos de manera eficiente. Esta tecnología tiene una aplicación directa en la gestión sanitaria, tanto desde el punto de vista administrativo como asistencial. Para comprender mejor el impacto de la IA en la sanidad, es fundamental explorar sus conceptos básicos, su evolución histórica y valorar aplicaciones específicas en el campo ya a disposición.

1.1.1. Definición de inteligencia artificial

Entre las diferentes definiciones que podemos encontrar en la literatura, la más aplicable en el ámbito de la gestión es aquella que define a la IA como el estudio y desarrollo de sistemas o agentes inteligentes que pueden realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana¹.

Un agente inteligente o agente racional es una entidad autónoma que es capaz de percibir su entorno, interpretar datos de múltiples fuentes y actuar para lograr objetivos específicos². Estos agentes pueden ser tanto seres vivos como dispositivos

¹ Russell S, Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall; 2009

² Poole D, Mackworth A. Artificial Intelligence: Foundations of Computational Agents. Cambridge: Cambridge University Press; 2010

tecnológicos, como termostatos, aviones, robots, entre otros. La capacidad de estos agentes para tomar decisiones y adaptarse al entorno varía según el nivel de sofisticación de su diseño y la variedad algoritmos subyacentes.

Dentro de una definición más académica, la “inteligencia” que integra el concepto de IA se refiere a la capacidad de resolver problemas complejos, aprender de la experiencia, reconocer patrones y tomar decisiones informadas. Esto se logra mediante el uso de técnicas como el *machine learning* (aprendizaje automático, AA), el procesamiento de lenguaje natural (PLN) y los sistemas expertos. Estas técnicas permiten a los sistemas de IA analizar grandes volúmenes de datos, identificar tendencias y hacer predicciones con un alto grado de precisión.

1.1.2. Marco histórico

Aunque podamos considerar la IA como una herramienta nueva y de desarrollo reciente, la relación entre la IA y la atención médica tiene una extensa historia que se remonta a más de 50 años.

Uno de los primeros hitos en este campo fue el proyecto DENDRAL, desarrollado en la década de 1960 en la Universidad de Stanford, y diseñado para ayudar en la determinación de estructuras de compuestos orgánicos a partir de espectros de masas³. DENDRAL es reconocido como uno de los primeros sistemas expertos en el ámbito de la IA, estableciendo una base para el desarrollo de posteriores sistemas que utilizan reglas y conocimientos específicos para tomar decisiones, y que empleamos a día de hoy⁴.

Ya en la década de 1970, el sistema MYCIN fue desarrollado para diagnosticar infecciones bacterianas y recomendar tratamientos con antibióticos, ajustando incluso las dosis según el peso del paciente. MYCIN fue un pionero en el uso de reglas de “si-entonces” para la toma de decisiones clínicas, demostrando el potencial de la IA para apoyar a los médicos en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades^{5,6}.

³ Feigenbaum EA, Buchanan BG, Lederberg J. On Generality and Problem Solving: A Case Study Using the DENDRAL Program. In: Meltzer B, Michie D, editors. Machine Intelligence 6. Edinburgh: Edinburgh University Press; 1971. p. 165-190.

⁴ Buchanan BG, Shortliffe EH. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Reading, MA: Addison-Wesley; 1984.

⁵ Shortliffe EH. Computer-Based Medical Consultations: MYCIN. New York: American Elsevier; 1976.

⁶ Buchanan BG, Shortliffe EH. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Reading, MA: Addison-Wesley; 1984.

Los años 80 vieron la evolución de estos conceptos con el sistema CADUCEUS, que amplió el enfoque de MYCIN para abarcar un espectro más amplio de la especialidad de medicina interna⁷.

Sin embargo, el verdadero auge de la IA en la salud se produjo con el desarrollo de tecnologías más avanzadas como *Watson* de IBM. *Watson*, lanzado en 2011, es un sistema capaz de procesar grandes cantidades de datos no estructurados mediante técnicas de PLN, lo que permite responder a preguntas complejas y proporcionar recomendaciones basadas en evidencia en tiempo real^{8,9}.

Estos hitos han ido marcando un crecimiento que se ha caracterizado por ciclos de entusiasmo y desilusión, a menudo referidos como “veranos e inviernos de la IA”. Estos ciclos reflejan las fluctuaciones en el interés y las expectativas sobre la capacidad de la IA para resolver problemas complejos. Actualmente, estamos en un “verano de IA”, impulsado por avances en el aprendizaje profundo y la disponibilidad de grandes volúmenes de datos, que algunos consideran como una parte integral de la Cuarta Revolución Industrial.

Grandes empresas tecnológicas como Apple, Microsoft y Amazon están invirtiendo sustancialmente en tecnologías de IA aplicadas a la salud. Por ejemplo, Amazon ha invertido 4 mil millones de dólares en la empresa de IA Anthropic, colaborando en el desarrollo de modelos de IA para mejorar servicios de salud y facilitar la documentación clínica¹⁰. Microsoft ha invertido significativamente en OpenAI, integrando su tecnología en software sanitario mediante asociaciones con empresas como Epic¹¹. Apple también está comprometida con la innovación en salud a través de IA y sus dispositivos¹². Estas y otras sinergias y aplicaciones serán desarrolladas posteriormente.

⁷ Miller RA, Pople HE, Myers JD. INTERNIST-1, An Experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine. *N Engl J Med.* 1982;307(8):468-476.

⁸ Ferrucci D, Brown E, Chu-Carroll J, Fan J, Gondek D, Kalyanpur A, et al. Building Watson: An Overview of the DeepQA Project. *AI Mag.* 2010;31(3):59-79.

⁹ Topol EJ. *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again.* New York: Basic Books; 2019.

¹⁰ Landi H. How Amazon's \$4B investment in AI company Anthropic impacts healthcare. *Fierce Healthcare* [Internet]. Disponible en: <https://www.fiercehealthcare.com/health-tech/how-amazons-4b-investment-ai-company-anthropic-impacts-healthcare>

¹¹ Microsoft. Microsoft's investments in AI and healthcare [Internet]. Disponible en: <https://www.fiercehealthcare.com/health-tech/how-amazons-4b-investment-ai-company-anthropic-impacts-healthcare>

¹² Apple. Apple's commitment to health [Internet]. Disponible en: <https://www.apple.com/mz/newsroom/2024/09/apple-introduces-groundbreaking-health-features/#:~:text=Apple%20is%20committed%20to%20empowering,have%20privacy%20at%20the%20core>

1.1.3. *Machine learning* (aprendizaje automático)

El AA supone una rama fundamental de la IA, enfocado en crear sistemas capaces de aprender a partir de datos y mejorar con la experiencia. A diferencia de los sistemas basados en reglas, que dependen de instrucciones explícitas, los modelos de AA identifican patrones en los datos y utilizan estos patrones para hacer predicciones o tomar decisiones.

Este enfoque es especialmente útil en salud, donde los datos clínicos habitualmente son demasiado complejos o voluminosos para ser procesados manualmente. Los modelos de AA pueden analizar grandes volúmenes de datos médicos, basados en registros de salud electrónicos, resultados de laboratorio, imágenes médicas y datos genómicos entre otros, para descubrir patrones que pueden no ser evidentes para los humanos. Esto permite potencialmente mejorar la precisión en diagnósticos y pronósticos, así como personalizar tratamientos médicos^{13,14,15}.

Existen varias categorías de AA, que se pueden clasificar principalmente en aprendizaje supervisado, no supervisado y por refuerzo¹⁶. En el aprendizaje supervisado, el modelo se entrena con un conjunto de datos etiquetado, donde la respuesta correcta se proporciona para cada ejemplo de entrenamiento. Esto es útil para tareas como la clasificación de imágenes médicas o la predicción de resultados de tratamiento.

Por otro lado, el aprendizaje no supervisado implica trabajar con datos sin etiquetar, buscando patrones o estructuras ocultas. Esto es útil para tareas como la agrupación de pacientes con características similares pero diagnósticos diferentes¹⁷.

El aprendizaje por refuerzo, otra categoría importante, se utiliza para entrenar agentes en entornos interactivos. Aquí, el agente aprende a tomar acciones para maximizar una recompensa acumulada a lo largo del tiempo, lo cual es útil en aplicaciones como la optimización de protocolos de tratamiento o la gestión de recursos hospitalarios en tiempo real.

¹³ Haider A, Hosseinzadeh M, Naqvi RA. Machine Learning (ML) in Medicine: Review, Applications, and Challenges. *Mathematics*. 2021;9(22):2970

¹⁴ Huang, Y., Li, J., Li, M. et al. Application of machine learning in predicting survival outcomes involving real-world data: a scoping review. *BMC Med Res Methodol* 23, 268 (2023). <https://doi.org/10.1186/s12874-023-02078-1>

¹⁵ Sidey-Gibbons, J., Sidey-Gibbons, C. Machine learning in medicine: a practical introduction. *BMC Med Res Methodol* 19, 64 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12874-019-0681-4>

¹⁶ Five machine learning types to know. IBM [Internet]. Disponible en: <https://www.ibm.com/blog/machine-learning-types/>

¹⁷ Supervised vs. Unsupervised vs. Reinforcement Learning: What's the Difference? pH data [Internet]. Disponible en: <https://www.phdata.io/blog/difference-between-supervised-unsupervised-reinforcement-learning/>

La medicina de precisión es una de las aplicaciones más prometedoras del AA en el campo de la salud. Al analizar datos genómicos, clínicos y de estilo de vida, los algoritmos de AA pueden identificar qué tratamientos son más efectivos para subgrupos específicos de pacientes, mejorando así los resultados y reduciendo efectos secundarios.

El *Deep learning* (aprendizaje profundo), una subdisciplina del AA, ha supuesto un avance importante el campo al permitir el análisis de imágenes médicas, el reconocimiento de voz y el PLN. Estas tecnologías están siendo cada vez más adoptadas en aplicaciones como el diagnóstico automatizado, la transcripción médica y la creación de chatbots para la gestión de consultas de pacientes¹⁸.

1.1.4. Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN)

El PLN es una rama de la IA que se dedica a la interpretación y manipulación del lenguaje humano, generando transformaciones significativas en diversos campos. En el ámbito sanitario hemos podido observar una implementación creciente en aplicaciones que buscan mejorar la atención al paciente, optimizar procesos clínicos y ofrecer servicios personalizados¹⁹.

El PLN se emplea para mejorar la precisión diagnóstica a través de la extracción de información relevante de los registros electrónicos de salud (EHR). Esto permite a los profesionales realizar diagnósticos más precisos basados en una información mayor, incrementando la calidad de la atención.

Asimismo, el PLN se emplea para identificar tratamientos y medicamentos específicos para cada paciente, así como para prever posibles riesgos para la salud. Por ejemplo, la técnica de *Named Entity Recognition* (NER) permite segmentar y categorizar información de los EHR, facilitando la identificación de condiciones médicas relevantes y su tratamiento adecuado²⁰. Además, técnicas como la clasificación de texto y el modelado de tópicos ayudan a analizar grandes volúmenes de datos no estructurados, mejorando la gestión y el análisis de datos clínicos complejos.

La capacidad del PLN para gestionar y analizar grandes cantidades de datos complejos de manera precisa permite un ahorro importante de tiempo para los

¹⁸ Rangasamy S, Nadenichek R, Rayasam M, Sozdatelev A. Natural language processing in healthcare. McKinsey & Company [Internet]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/natural-language-processing-in-healthcare>

¹⁹ Hitachi Solutions. 6 Uses for Natural Language Processing in Healthcare [Internet]. Disponible en: <https://global.hitachi-solutions.com/blog/6-uses-for-natural-language-processing-in-healthcare/>

²⁰ SoftCircles. How is Natural Language Processing (NLP) Being Used in the Healthcare Industry [Internet]. Disponible en: <https://softcircles.com/blog/how-is-natural-language-processing-being-used-in-the-healthcare-industry#:~:text=NLP%20can%20help%20identify%20patterns,outcomes%20in%20the%20healthcare%20industry>

profesionales. Esto no solo mejora la eficiencia en la atención al paciente, sino que también permite a los médicos y otros profesionales de la salud dedicar más tiempo a la interacción directa con los pacientes.

1.1.5. Sistemas expertos basados en reglas

Durante los años 80, así como en períodos posteriores, los sistemas expertos basados en variaciones de reglas “si-entonces” fueron la tecnología predominante en IA en el ámbito de la salud, brindando apoyo en la toma de decisiones clínicas. Muchos sistemas de registros de salud electrónicos actualmente incluyen conjuntos de reglas como parte de sus ofertas de software^{21,22,23}.

Estos sistemas expertos requieren de la colaboración entre sanitarios e ingenieros para construir una base que compile una serie de reglas dentro de un área de conocimiento específica. Son sistemas que funcionan de forma eficiente y muestran una fácil comprensión y procesamiento. No obstante, presentan desafíos a medida que el número de reglas aumenta, superando a menudo varios miles de reglas consecutivas. En estas circunstancias, las reglas pueden entrar en conflicto entre sí, lo cual compromete su efectividad. Además, si el área de conocimiento sufre cambios significativos, modificar las reglas puede volverse una ardua tarea^{24,25,26}.

La evolución de la IA ha ido dirigida en los últimos años a optimizar y aprovechar las subdisciplinas del AA, reemplazando progresivamente a los sistemas basados en reglas. Este cambio permite una mayor adaptabilidad y flexibilidad, ya que los modelos de AA pueden ajustarse más fácilmente a cambios en el conocimiento médico y manejar datos complejos de manera más eficaz^{27,28,29}.

²¹ Shortliffe EH, Cimino JJ. *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. 4th ed. New York: Springer; 2014

²² Berner ES, Lande TJ. Overview of Clinical Decision Support Systems. En: *Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice*. 2nd ed. New York: Springer; 2007. p. 3-22

²³ Durkin J. *Expert Systems: Design and Development*. New York: Macmillan Publishing; 1994

²⁴ Sittig DF, Singh H. A New Socio-technical Model for Studying Health Information Technology in Complex Adaptive Healthcare Systems. *Qual Saf Health Care*. 2010;19 Suppl 3(Suppl 3)

²⁵ Miller RA. Medical Diagnostic Decision Support Systems--Past, Present, and Future: A Threaded Bibliography and Brief Commentary. *J Am Med Inform Assoc*. 1994;1(1):8-27

²⁶ Peleg M, Tu S, Bury J, et al. Comparing Computer-Interpretable Guideline Models: A Case-Study Approach. *J Am Med Inform Assoc*. 2003;10(1):52-68

²⁷ Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*. 2019;25(1):44-56

²⁸ Knowledge-Based Systems and the Rise of Expert Systems. The ARF [Internet]. Disponible en: <https://thearf.org/ai-handbook/knowledge-based-systems-and-the-rise-of-expert-systems/>

²⁹ Medical Expert Systems: An Overview. Emerald Insight [Internet]. Disponible en: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/EUM000000001316/full/html>

1.1.6. Comprensión del rol de los datos

Calidad y cantidad de datos

Los datos representan el combustible esencial que impulsa el motor del AA. En este sentido, la calidad, cantidad y composición de los datos desempeñan roles críticos. A medida que la calidad y cantidad de los datos aumenta, mejora potencialmente la eficacia del modelo.

No obstante, la calidad y la cantidad pueden convertirse en factores competitivos, ya que reducir los estándares de calidad puede resultar en una mayor cantidad de datos³⁰. La elección entre calidad y cantidad dependerá del problema específico y determinará qué algoritmo de AA producirá el modelo o la perspicacia superior³¹.

Por todo ello, la composición de los datos de entrenamiento se considera crítica para evaluar la aplicabilidad del modelo. En el caso del aprendizaje supervisado, si el trasfondo de los datos de entrenamiento difiere del trasfondo de los datos de prueba, el modelo resultante puede generar predicciones con error sistemático, conocido como sesgo³². Este sesgo se origina en suposiciones incorrectas del modelo de AA, derivadas de una elección inapropiada de características para representar los datos, del proceso de AA en sí mismo o de la relación entre los datos de entrenamiento y los datos de prueba. Y esta puede convertirse en una de las principales limitaciones del empleo de algoritmos de IA en la práctica sanitaria, que requiere de la máxima fiabilidad del modelo para su aplicación.

Es imposible evitar todos los sesgos dado que los conjuntos de entrenamiento son finitos. Por lo tanto, la información detallada sobre cómo se entrenó un modelo de AA, qué datos se utilizaron, qué método se empleó, etc., debe acompañar al sistema en la aplicación para proporcionar una comprensión completa y transparente de su desempeño y limitaciones^{33,34}.

³⁰ Appen. Great Machine Learning Data: It's Not About Quantity or Quality -- It's About Both. 2018 [Internet]. Disponible en: <https://www.appen.com/blog/great-machine-learning-data-quantity-or-quality>

³¹ Xingjian Z, Xiaoyun W. A Survey on Data Quality Dimensions and Tools for Machine Learning. 2023 [Internet]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2406.19614>

³² Algolia. Data is king: The role of data capture and integrity in embracing AI. 2023 [Internet]. Disponible en: <https://www.algolia.com/blog/ai/ai-data-quality-quantity>

³³ Jogan M, Kurada S, Vasisht S, et al. Quality over quantity? The role of data quality and uncertainty for AI in surgery. *Glob Surg Educ*. 2024;3:79

³⁴ Heaven WD. Why deep-learning AIs are so easy to fool. *Nature*. 2019;574(7777):163-166.

Empleo del modelo

La calidad del modelo de AA no solo depende de los datos, sino también de cómo se utilizará el modelo. Este aspecto es crucial para respaldar la toma de decisiones y se relaciona con la discusión sobre sesgo mencionada previamente³⁵.

Al construir un modelo es también crítico examinar cómo se utilizará en la práctica³⁶. ¿Se considerará el modelo como una herramienta de decisión binaria (sí/no)? En dicho caso, ¿cuál es la tolerancia para falsos positivos y falsos negativos? ¿Cómo de conservador ha de ser el modelo? En situaciones como el diagnóstico de melanoma, una alta tasa de falsos positivos puede llevar a visitas innecesarias al hospital, mientras que una alta tasa de falsos negativos puede resultar en resultados de salud negativos. Esto es aplicable al cribado de otras enfermedades.

Por otro lado, los modelos de regresión de alta calidad tienen requisitos de datos más exigentes que los modelos binarios o categóricos. La frecuencia de construcción del modelo es otra consideración clave. ¿Con qué frecuencia llegan nuevos datos y cuánta frecuencia se requerirá volver a entrenar el modelo (mensualmente, semanalmente, de manera continua)?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Evolución e impacto en la atención sanitaria

Los últimos dos años han sido críticos en el progreso experimentado por la IA, gracias en gran medida a su capacidad para desbloquear el potencial a los conjuntos masivos de datos que se generan diariamente en nuestro entorno (el llamado *big data*). Esto permite no sólo obtener información tremendamente valiosa en términos de salud (individual y poblacional), sino que además contribuye significativamente a lograr una atención médica y una gestión sanitaria enfocada en el valor³⁷.

Este progreso y desarrollo ha ido ligado a la mejora continua de algoritmos de AA, el amplio acceso a datos, la disminución de los costos en infraestructura tecnológica y la expansión de la red 5G, impulsando una rápida evolución en este sector. Las tecnologías de IA y AA poseen la capacidad de analizar extensas cantidades de información sanitaria, que van desde historiales médicos y estudios

³⁵ Beede E, Baylor E, Hersch F, Iurchenko A, Wilcox L, Ruark E, et al. A Human-Centered Evaluation of a Deep Learning System Deployed in Clinics for the Detection of Diabetic Retinopathy. *Proc ACM Hum Comput Interact.* 2020;4(CSCW1):1-26

³⁶ Challen R, Denny J, Pitt M, Gompels L, Edwards T, Tsaneva-Atanasova K. Artificial intelligence, bias and clinical safety. *BMJ Qual Saf.* 2019;28(3):231-237

³⁷ Kitsios F, Kamariotou M, Syngelakis AI, Talias MA. Recent Advances of Artificial Intelligence in Healthcare: A Systematic Literature Review. *Appl Sci.* 2023;13(7479):1-32

clínicos hasta datos genéticos, a velocidades superiores a las capacidades humanas. Este avance ha transformado la forma en que se gestionan y procesan los datos de salud, proporcionando una eficiencia y velocidad sin precedentes en comparación con los métodos convencionales.

Existe además una democratización de este tipo de herramientas, que inicialmente estaban íntimamente ligadas al ámbito de la investigación, para posteriormente pasar a una aplicación muy seleccionada, y por último generar un cambio disruptivo en todos los ámbitos, que estamos actualmente presenciando.

Este impacto de la IA se percibe ya en todos los aspectos de la atención sanitaria, desde proporcionar apoyo en la toma de decisiones clínicas en los puntos de atención hasta permitir la gestión personal de enfermedades crónicas por parte de los pacientes en sus hogares, e incluso contribuir a la investigación de medicamentos con datos del mundo real (*Real World Data*). Esta tecnología está demostrando impacto significativo al mejorar de manera drástica la investigación, al proporcionar diagnósticos más precisos y permitir tratamientos altamente personalizados. La capacidad de la IA en el sector sanitario para analizar de manera veloz grandes volúmenes de documentación clínica ayuda a los profesionales médicos a identificar marcadores de enfermedades y tendencias que, de lo contrario, podrían pasar desapercibidos.

Al incorporar la IA en entornos hospitalarios, los sistemas de salud pueden mejorar su eficiencia y rapidez, brindando estas mejoras a la atención de millones de personas. La incorporación de la IA en la atención médica permite a los profesionales de la salud tomar decisiones más fundamentadas basadas en información muy precisa, lo que resulta en un ahorro de tiempo, reducción de costos y una potencial mejora general en la gestión de los registros³⁸.

La IA en el ámbito de la salud se posiciona como el futuro, y va a transformar la forma en la que los pacientes son atendidos, garantizando una mayor calidad y evidencia en las actuaciones. Al mismo tiempo va a contribuir a mitigar los costos y mejora los resultados en salud.

Desde la identificación de nuevas estrategias para combatir el cáncer hasta la mejora de la experiencia del paciente, la IA en el ámbito de la salud se perfila como un cambio trascendental, allanando el camino hacia un futuro donde los pacientes reciban atención y tratamiento muy preciso y de calidad. Este avance tiene el potencial de transformar radicalmente la atención médica³⁹.

³⁸ Lenharo M. An AI revolution is brewing in medicine. What will it look like? *Nature*. 2023;622(7984):686-688

³⁹ Artificial Intelligence in Health Care: Benefits and Challenges of Machine Learning Technologies for Medical Diagnostics. U.S. Government Accountability Office [Internet]. Disponible en: <https://www.gao.gov/products/gao-22-104624>

1.2.2. Desafíos de la integración de la IA en entornos sanitarios

El desarrollo e implementación de la tecnología de IA presentan desafíos sustanciales para los diferentes entornos sanitarios, públicos y privados, que deben superar una serie de obstáculos para asegurar el éxito de su integración. Destacamos, entre otros:

1. **Falta de comprensión:** desconocimiento generalizado acerca de las capacidades y limitaciones de las diferentes tecnologías que aplican IA por parte de los profesionales sanitarios.
2. **Falta de estrategias claras:** ausencia de estrategias definidas para integrar tecnologías de IA en los sistemas de atención y gestión existentes, y encuadradas dentro de un plan director en las organizaciones sanitarias que rijan su absorción.
3. **Escasez de personal capacitado:** dificultades derivadas de la falta de personal debidamente capacitado para llevar a cabo la implementación exitosa de la IA en entornos sanitarios, y que aúne conocimientos técnicos con conocimientos sanitarios y biomédicos.
4. **Incompatibilidad con infraestructuras heredadas:** retos relacionados con la incompatibilidad de las tecnologías de IA con la infraestructura existente, heredada de sistemas anteriores. En parte, la incorporación de la IA supone necesariamente una actualización del parque informático de Andalucía.
5. **Falta de acceso a datos:** limitaciones asociadas con la falta de acceso a conjuntos de datos médicos sólidos y diversos para entrenar algoritmos de IA, esencial para el desarrollo eficaz de la IA en salud. Se convierte en necesaria una estrategia para facilitar y agilizar los trámites administrativos necesarios para la obtención de grandes volúmenes de datos, siempre bajo una estricta supervisión y enmarcándose en los estándares éticos y legales pertinentes.

1.2.3. Importancia de la formación en IA para los gestores sanitarios

Por todo lo anteriormente expuesto, resulta imperativo que los gestores sanitarios comprendan a fondo el estado actual de las tecnologías de IA y exploren las diversas maneras en que estas pueden ser aplicadas, a fin de mejorar la eficiencia, seguridad y accesibilidad de los servicios de salud. Profundizar en estas herramientas permite el fomento de una transformación digital sólida en el ámbito sanitario⁴⁰.

⁴⁰. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nat Med. 2019;25(1):44-56

Cada vez un número mayor de entidades sanitarias está adoptando la IA con el objetivo de optimizar tanto los aspectos clínicos como operativos, y requiere de una formación no sólo del técnico o el sanitario, sino del gestor^{41,42}, dado que este cambio está permitiendo la reconfiguración de los procesos en estas organizaciones.

La evolución en la gestión de la salud propiciada por la implementación de la IA tiene el potencial de generar impactos positivos en los pilares fundamentales de la atención médica⁴³. Estos objetivos incluyen la mejora de la experiencia del paciente, el fortalecimiento de la salud de la población, el aumento de la satisfacción y bienestar del personal médico, el avance en la equidad de la atención médica y la reducción de los costos asociados, al mismo tiempo que se incrementa la eficiencia global. Y el gestor sanitario es un actor necesario de este cambio.

1.2.4. Hacia un ecosistema basado en IA

Un sistema basado en IA aúna las iniciativas actuales que aplican la IA en la atención médica. Estas iniciativas ya han comenzado a integrarse en hospitales para optimizar la atención al paciente, mejorar la eficiencia operativa y apoyar la toma de decisiones clínicas con análisis predictivos y diagnósticos precisos⁴⁴.

No obstante, el concepto de ecosistema de atención médica basado en IA es el siguiente paso evolutivo en este campo. Un ecosistema de este tipo no solo permite una mejor comunicación y coordinación entre pacientes, hospitales, centros de atención primaria, aseguradoras, farmacéuticas y centros de investigación, sino que también optimiza la organización y administración del sistema de salud. La IA puede facilitar la integración de datos provenientes de múltiples fuentes y sectores, proporcionando una visión holística y precisa que mejore la gestión de la salud y los resultados clínicos. Por tanto, es un concepto que huye de la disgregación de la aplicación tecnológica, sino que aspira a ser ambicioso y englobar todas las líneas estratégicas potencialmente relacionadas con la salud a modo de ecosistema, para que la experiencia para el gestor, el profesional y el paciente sea la mejor.

Por ejemplo, los sistemas de IA en desarrollo ya están ayudando a prever brotes de enfermedades, gestionar recursos hospitalarios, y mejorar la precisión en los diagnósticos mediante el análisis de grandes volúmenes de datos clínicos. Al

⁴¹ 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(4):230-243

⁴² Matheny M, Israni ST, Ahmed M, Whicher D, editores. *Artificial Intelligence in Health Care: The Hope, the Hype, the Promise, the Peril.* Washington, DC: National Academy of Medicine; 2019

⁴³ Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J.* 2019;6(2):94-98

⁴⁴ Reddy S, Fox J, Purohit MP. Artificial intelligence-enabled healthcare delivery. *J R Soc Med.* 2019;112(1):22-28

conectar todos estos elementos, un ecosistema de salud impulsado por IA tiene el potencial de revolucionar la atención médica, mejorando tanto la eficacia del tratamiento como la satisfacción del paciente. Este concepto se tratará en profundidad en siguientes secciones de este documento.

1.2.5. Repercusión económica de la incorporación de IA

Existen datos a nivel mundial que evidencian el impacto económico de la incorporación de la IA en el sector salud. Según datos de Statista, el mercado de la IA en la salud, que estaba valorado en aproximadamente 11 mil millones de dólares en 2021, se proyecta que alcance los 187 mil millones de dólares para 2030⁴⁵. Este crecimiento vertiginoso refleja el aumento de la adopción de tecnologías de IA en diversas áreas de la salud, incluyendo la gestión hospitalaria, el desarrollo de medicamentos, la telemedicina, y la automatización de tareas administrativas^{46,47}.

Este impacto no solo se limita al sector de la salud, sino que también afecta a toda la cadena de valor, desde proveedores de tecnología hasta los propios pacientes. Las empresas farmacéuticas y biotecnológicas están invirtiendo considerablemente en IA para acelerar el desarrollo de fármacos y personalizar tratamientos, lo cual a su vez reduce los costos y tiempos asociados con los ensayos clínicos. Los hospitales y sistemas de salud están utilizando IA para mejorar la eficiencia operativa, reducir errores médicos y optimizar la atención al paciente, lo que también conlleva ahorros significativos en costos.

Además, la expansión de la IA en el sector salud está generando nuevas oportunidades de empleo y la necesidad de una fuerza laboral capacitada en tecnología y análisis de datos. Todo esto indica que la IA no solo está transformando la manera en que se proporcionan los servicios de salud, sino que también está redefiniendo las dinámicas económicas dentro de la industria.

⁴⁵ Statista. Artificial intelligence (AI) in healthcare market size worldwide in 2021 and 2030 [Internet]. Disponible en: <https://www.statista.com/topics/10011/ai-in-healthcare/#:~:text=In%202021%2C%20the%20AI%20in,billion%20U.S.%20dollars%20by%202030>

⁴⁶ Accenture. Artificial Intelligence: Healthcare's New Nervous System. Accenture [Internet]. Disponible en: <https://www.accenture.com/au-en/insights/health/artificial-intelligence-healthcare>

⁴⁷ Grand View Research. Artificial Intelligence In Healthcare Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component, By Application, By End-user, By Region, And Segment Forecasts, 2022 – 2030 [Internet]. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-healthcare-market>

CAPÍTULO 2. TRANSFORMACIÓN EN LA GESTIÓN SANITARIA: HACIA UN ECOSISTEMA DE SALUD BASADO EN IA

2.1. CONCEPTO DE ECOSISTEMA DE SALUD DIGITAL

El concepto de ecosistema de salud digital se refiere a una red interconectada de actores y tecnologías de diferentes industrias que colaboran para ofrecer servicios de salud integrados y personalizados⁴⁸. Estos ecosistemas son facilitados por los diferentes avances tecnológicos que permiten la integración de datos y la comunicación fluida entre diversas plataformas y dispositivos⁴⁹. La esencia de este modelo es crear una experiencia de salud coherente y optimizada para los pacientes, aprovechando al máximo los datos generados durante toda su vida⁵⁰.

La explosión de datos sanitarios, resultado del uso creciente de dispositivos de monitorización, historiales médicos, y aplicaciones de salud personal, ha hecho evidente la necesidad de una infraestructura tecnológica robusta. Esta infraestructura debe no solo almacenar y procesar grandes cantidades de datos, sino también integrarlos de manera que puedan ser utilizados de forma efectiva por los profesionales de la salud, los pacientes y todos los actores del sistema⁵¹.

⁴⁸ Eysenbach G. What is e-health? J Med Internet Res. 2001;3(2)

⁴⁹ Dixon BE. Health Information Exchange: Navigating and Managing a Network of Health Information Systems. Elsevier; 2016

⁵⁰ Wang H, Kung L, Byrd TA. Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. Technol Forecast Soc Change. 2018;126:3-13

⁵¹ Raghupathi W, Raghupathi V. Big data analytics in healthcare: promise and potential. Health Inf Sci Syst. 2014;2:3

2.2. CONEXIÓN Y APLICACIONES DE UN ECOSISTEMA BASADO EN IA

2.2.1. Aplicaciones de IA en asistencia sanitaria

Una de las aplicaciones más prometedoras de la IA es en los sistemas de apoyo a la toma de decisiones clínicas. Estos sistemas pueden ofrecer recomendaciones basadas en evidencia para tratamientos específicos, ayudando a los médicos a tomar decisiones informadas y reducir la variabilidad en la atención^{52,53}. Además, la IA puede personalizar estas recomendaciones para cada paciente, considerando su historial médico, genética, estilo de vida, y otros factores relevantes⁵⁴.

Otro ámbito de aplicación es el asesoramiento personalizado para ensayos clínicos. Utilizando algoritmos de IA, se puede analizar el perfil de los pacientes para identificar aquellos que sean candidatos ideales para participar en ensayos clínicos, facilitando la inscripción y optimizando el desarrollo de nuevos tratamientos⁵⁵.

A nivel de gestión, y administración encontramos también beneficios potenciales de la adopción de herramientas basadas en IA. Por ejemplo, la IA puede ayudar a predecir picos en el flujo de pacientes, permitiendo a los hospitales ajustar sus recursos de manera proactiva^{56,57}. También puede optimizar la programación del personal, asegurando que haya suficiente personal cualificado durante las horas de mayor demanda y mejorando la eficiencia en la cadena de suministro de insumos médicos^{58,59}.

2.2.2. Integración de datos sociales y clínicos

Una característica clave de un ecosistema de salud digital es la integración de datos de diversas fuentes. Esto incluye no solo datos clínicos, sino también datos sociales y de comportamiento que pueden influir en la salud de los pacientes. La IA puede

⁵² Berner ES, La Lande TJ. Overview of Clinical Decision Support Systems. En: *Clinical Decision Support Systems: Theory and Practice*. 2nd ed. New York: Springer; 2007. p. 3-22

⁵³ Shortliffe EH, Cimino JJ. *Biomedical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. 4th ed. New York: Springer; 2014

⁵⁴ Jensen PB, Jensen LJ, Brunak S. Mining electronic health records: towards better research applications and clinical care. *Nat Rev Genet*. 2012;13(6):395-405

⁵⁵ Fogel DB. Factors associated with clinical trials that fail and opportunities for improving the likelihood of success: A review. *Contemp Clin Trials Commun*. 2018;11:156-164

⁵⁶ Gawande A. *The Checklist Manifesto: How to Get Things Right*. New York: Metropolitan Books; 2010

⁵⁷ Escobar GJ, Turk BJ, Ragins A, Ha J, Hoberman B, LeVine SM, et al. Piloting electronic medical record-based early detection of inpatient deterioration in community hospitals. *J Hosp Med*. 2016;11 Suppl 1(Suppl 1)

⁵⁸ Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine Learning in Medicine. *N Engl J Med*. 2019;380(14):1347-1358

⁵⁹ Matheny M, Israni ST, Ahmed M, Whicher D, editores. *Artificial Intelligence in Health Care: The Hope, the Hype, the Promise, the Peril*. National Academy of Medicine; 2019

analizar estos datos para proporcionar una visión más holística del estado de salud de un paciente, lo que permite una atención más personalizada y proactiva^{60,61}.

Por ejemplo, los datos de sensores de salud portátiles, como relojes inteligentes, pueden ser combinados con historiales médicos para monitorizar condiciones crónicas en tiempo real y ajustar tratamientos en función de las variaciones en los signos vitales^{62,63}. Los datos sociales, como la información sobre el entorno de vida o el acceso a recursos, también pueden ser cruciales para entender y abordar las disparidades en salud^{64,65}. Estos son datos que a día de hoy no son tenidos en cuenta en muchas ocasiones, o se infravalora su impacto en salud.

2.2.3. Tecnologías habilitadoras y ejemplos prácticos

La multicanalidad es un componente fundamental de este ecosistema, permitiendo la conexión y comunicación de datos a través de múltiples plataformas y dispositivos. Los historiales médicos electrónicos, las aplicaciones de salud móviles, y los dispositivos de monitorización remota deben estar integrados para formar una red coherente de datos que pueda ser analizada y utilizada por sistemas de IA^{66,67}.

Un ejemplo concreto de este tipo de integración es el sistema Vigiicare del grupo Cartronic⁶⁸, diseñado para la monitorización remota de pacientes. Este sistema permite a los profesionales de la salud supervisar el estado de los pacientes desde cualquier lugar, facilitando una intervención rápida en caso de que se detecten anomalías (Figura 1).

⁶⁰ Wang H, Kung L, Byrd TA. Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technol Forecast Soc Change*. 2018;126:3-13

⁶¹ Raghupathi W, Raghupathi V. Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health Inf Sci Syst*. 2014;2:3

⁶² Steinhubl SR, Muse ED, Topol EJ. The emerging field of mobile health. *Sci Transl Med*. 2015;7(283):283rv3

⁶³ Piwek L, Ellis DA, Andrews S, Joinson A. The Rise of Consumer Health Wearables: Promises and Barriers. *PLoS Med*. 2016;13(2)

⁶⁴ Adler NE, Stead WW. Patients in context--EHR capture of social and behavioral determinants of health. *N Engl J Med*. 2015;372(8):698-701

⁶⁵ Thornton RL, Glover CM, Cene CW, Glik DC, Henderson JA, Williams DR. Evaluating strategies for reducing health disparities by addressing the social determinants of health. *Health Aff (Millwood)*. 2016;35(8):1416-1423

⁶⁶ Granja C, Janssen W, Johansen MA. Factors determining the success and failure of eHealth interventions: systematic review of the literature. *J Med Internet Res*. 2018;20(5)

⁶⁷ Kvedar J, Coye MJ, Everett W. Connected health: a review of technologies and strategies to improve patient care with telemedicine and telehealth. *Health Aff (Millwood)*. 2014;33(2):194-199

⁶⁸ Cartronic Group. Sistema Vigiicare para la monitorización remota de pacientes [Internet]. Disponible en: <https://www.cartronic.es/blog/vigia-care-monitorizacion-remota-de-pacientes/>



Figura 1. Componentes de un ecosistema de salud digital. Compartido por Cartronicgroup

2.3. IMPACTO Y FUTURO DE LOS ECOSISTEMAS DE SALUD BASADOS EN IA

El futuro radica en el acceso, integración e interpretación de datos, provenientes de múltiples fuentes (clínicas, sociales, etc.), y aplicando suites completas de herramientas basadas en IA, englobados dentro de un ecosistema de salud.

Su implementación tiene el potencial de transformar radicalmente la atención sanitaria. Al permitir una gestión más eficiente y efectiva de los recursos, estos sistemas pueden mejorar tanto la calidad de la atención como la experiencia del paciente^{69,70}.

⁶⁹ Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol.* 2017;2(4):230-243

⁷⁰ Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthc J.* 2019;6(2):94-98

Además, al facilitar la colaboración entre diversas entidades, desde hospitales y clínicas hasta instituciones de investigación y compañías farmacéuticas, se pueden acelerar los avances en investigación y desarrollo de nuevos tratamientos y medicamentos⁷¹.

En el futuro, es probable que veamos una expansión continua de estas tecnologías y una mayor adopción de la IA en todos los aspectos de la atención sanitaria. Esto incluye desde el diagnóstico y tratamiento hasta la prevención y gestión de la salud a largo plazo⁷². La clave del éxito radicarán en la capacidad de estas tecnologías para integrarse de manera fluida y eficiente, respetando siempre la privacidad y seguridad de los datos de los pacientes^{73,74}.

En resumen, un ecosistema de salud digital basado en IA no solo ofrece mejoras significativas en la eficiencia operativa y la toma de decisiones clínicas, sino que también abre nuevas vías para la atención personalizada y la investigación médica⁷⁵. Al adoptar y expandir estas tecnologías, estamos construyendo un futuro más conectado y centrado en el paciente, donde la salud y el bienestar están en el centro de nuestra preocupación colectiva^{76,77}.

⁷¹ Mesko B, Hetenyi G, Gyorffy Z. Will artificial intelligence solve the human resource crisis in healthcare? *BMC Health Serv Res.* 2018;18(1):545

⁷² Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *N Engl J Med.* 2016;375(13):1216-1219

⁷³ Dilsizian SE, Siegel EL. Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment. *Curr Cardiol Rep.* 2014;16(1):441

⁷⁴ Topol EJ. Individualized medicine from prewomb to tomb. *Cell.* 2014;157(1):241-253

⁷⁵ Shortliffe EH, Sepulveda MJ. Clinical decision support in the era of artificial intelligence. *JAMA.* 2018;320(21):2199-2200

⁷⁶ Wang H, Preininger A. AI in health: state of the art, challenges, and future directions. *Yearb Med Inform.* 2019;28(1):16-26

⁷⁷ Miller DD, Brown EW. Artificial Intelligence in Medical Practice: The Question to the Answer? *Am J Med.* 2018;131(2):129-133

CAPÍTULO 3. FUNCIONAMIENTO DEL ECOSISTEMA DE IA EN HOSPITALES Y OTROS CENTROS DE ATENCIÓN SANITARIA

3.1. DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO MEDIANTE APLICACIONES BASADAS EN IA

Las aplicaciones para diagnóstico y tratamiento basadas en IA tienen su origen en los citados sistemas basados en reglas. No obstante, estos no han sido plenamente aceptados en la práctica clínica. Su capacidad de diagnóstico no superaba significativamente a la de los profesionales humanos, y la integración con los flujos de trabajo y sistemas de registros de salud resultaba poco eficiente⁷⁸. Las nuevas aplicaciones basadas en AA dedicadas a mejorar el diagnóstico y ofrecer tratamientos más dirigidos han sufrido un avance importante en la última década⁷⁹.

Su aplicación en este ámbito a menudo enfrenta dificultades en su integración con los flujos de trabajo clínicos y los registros de salud. Además, existen desafíos para la integración en las instituciones sanitarias, lo que ha representado un obstáculo significativo para la adopción generalizada de la IA⁸⁰.

Aunque algunos desarrolladores de software médico están comenzando a incorporar capacidades limitadas de análisis de atención médica con IA en sus productos, se encuentran aún en fases iniciales de desarrollo. Para aprovechar al

⁷⁸ Miller RA. Medical diagnostic decision support systems--past, present, and future: a threaded bibliography and brief commentary. *J Am Med Inform Assoc.* 1994;1(1):8-27

⁷⁹ Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol.* 2017;2(4):230-243

⁸⁰ Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *N Engl J Med.* 2016;375(13):1216-1219

máximo la IA en la atención sanitaria a través de un sistema de historia clínica digital independiente, deberán llevarse a cabo proyectos sustanciales de integración por sí mismos o aprovechar las capacidades de proveedores externos que cuenten con capacidades de IA y que sean integrables.

3.2. APLICACIONES ADMINISTRATIVAS POTENCIADAS POR IA

En el entorno de las aplicaciones administrativas encontramos nichos de eficiencia en los que las herramientas potenciadas por IA pueden jugar un rol importante. Al automatizar tareas rutinarias como la entrada de datos, el procesamiento de reclamaciones y la programación de citas, la implementación de IA libera tiempo, permitiendo a los profesionales centrarse en la atención al paciente u otras labores irremplazables⁸¹.

La IA tiene además el potencial de reducir errores humanos al agilizar la revisión de datos, reclamaciones y resultados de pruebas. Al proporcionar mayor autonomía a los profesionales médicos en sus procesos de trabajo, la IA contribuye a ofrecer una atención al paciente de mayor calidad sin sacrificar la eficiencia presupuestaria⁸².

Es destacable también la capacidad de la IA para analizar historiales médicos y proporcionar resultados más rápidos. Al automatizar tareas administrativas rutinarias, la IA ayuda a los profesionales a ahorrar tiempo y recursos, proporcionándoles mayor autonomía en sus procesos de trabajo⁸³.

3.3. APLICACIONES DE IA EN GESTIÓN SANITARIA Y HOSPITALARIA

La gestión sanitaria no puede ser ajena a la adopción de las diferentes tecnologías basadas en IA, tanto por su papel de liderazgo y promoción de las herramientas, como por el uso que el mismo gestor pueda hacer de las mismas en su labor cotidiana.

Esta tecnología ofrece soluciones innovadoras que abordan desafíos críticos como la optimización de recursos, la eficiencia operativa, la mejora de la calidad del servicio y la reducción de costos. Presentamos algunos ejemplos de proyectos destacados y su impacto en la gestión sanitaria.

⁸¹. Productive Edge. The Future of Healthcare Administration: AI and Automation. 2023 [Internet]. Disponible en: <https://www.productiveedge.com>

⁸². Deloitte Insights. Artificial intelligence in health care. 2023 [Internet]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com>

⁸³. HHM Global. The integration of AI in healthcare administration and management. 2023 [Internet]. Disponible en: <https://www.hhmglobal.com>

3.3.1. Optimización de la gestión de recursos

Gestión de camas y ocupación hospitalaria. La gestión de camas y la previsión de ocupación hospitalaria son áreas críticas donde la IA puede proporcionar un valor significativo. Mediante el uso de algoritmos de AA, los hospitales pueden predecir la demanda de camas y planificar en consecuencia, minimizando tiempos de espera y maximizando la eficiencia.

Ejemplo de proyecto - Qventus: Esta plataforma utiliza IA para optimizar el flujo de pacientes y la gestión de camas. Al analizar datos en tiempo real y patrones históricos, Qventus puede predecir picos en la demanda de camas y permitir que los gestores hospitalarios tomen decisiones informadas para reasignar recursos de manera eficiente. Este sistema también ayuda a reducir los tiempos de espera para la admisión y el alta de pacientes, mejorando así la experiencia general del paciente y la utilización de los recursos^{84,85,86}.

Gestión del personal. Podemos emplear herramientas basadas en IA para planificar y asignar personal de manera más eficiente. Los algoritmos de IA pueden analizar datos históricos y en tiempo real para prever la demanda de personal, ajustando los turnos y horarios para optimizar la cobertura y reducir el agotamiento del personal.

Ejemplo de proyecto - Hospitales del NHS en el Reino Unido: Los hospitales del NHS en el Reino Unido han implementado sistemas de IA para predecir la demanda de personal en función de la afluencia de pacientes y las necesidades específicas de atención. Estos sistemas permiten a los gestores ajustar los turnos y asegurar que haya suficiente personal en los momentos de mayor demanda, mejorando tanto la eficiencia operativa como la satisfacción del personal^{87,88}.

Otra iniciativa relevante es la herramienta de previsión de admisiones en urgencias desarrollada en colaboración con *Faculty*, que proporciona pronósticos de admisiones en A&E con tres semanas de anticipación. Esto permite a los hospitales

⁸⁴ Qventus, Inc. How HonorHealth Improved Patient Flow Using AI and Automation [Internet]. Disponible en: <https://qventus.com/how-honorhealth-improved-patient-flow-using-ai-and-automation>

⁸⁵ Hospital Management. Qventus rolls out expanded version of AI-driven Inpatient Solution [Internet]. Disponible en: <https://www.hospitalmanagement.net/news/qventus-rolls-out-expanded-version-of-ai-driven-inpatient-solution>

⁸⁶ Qventus, Inc. Qventus Launches its 3rd Generation Inpatient Solution to Optimize Hospital Discharge Planning and Automate Care Planning - Fully Embedded into EHR Workflows [Internet]. Disponible en: <https://qventus.com/qventus-launches-its-3rd-generation-inpatient-solution-to-optimize-hospital-discharge-planning-and-automate-care-planning-fully-embedded-into-ehr-workflows>

⁸⁷ NHS Transformation Directorate. Improving hospital bed allocation using AI [Internet]. Disponible en: <https://transform.england.nhs.uk>

⁸⁸ NHS England. NHS AI expansion to help tackle missed appointments and improve waiting times [Internet]. Disponible en: <https://www.england.nhs.uk>

planificar mejor sus recursos y mejorar la capacidad de respuesta ante picos de demanda⁸⁹.

3.3.2. Planificación y logística

Optimización de la programación y planificación quirúrgica. La programación quirúrgica es una tarea compleja que implica coordinar múltiples factores, como la disponibilidad de quirófanos, personal de diferentes categorías, la preparación del paciente y la disponibilidad de puestos en áreas estratégicas como UCI, URPA y planta de hospitalización. La IA puede mejorar este proceso al analizar datos históricos y actuales para prever la duración de las cirugías y los tiempos de recuperación.

Ejemplo de proyecto - LeanTaaS iQueue for Operating Rooms: Este sistema utiliza algoritmos de AA para optimizar la programación quirúrgica⁹⁰. Al analizar datos de cirugías anteriores y condiciones actuales, *iQueue* puede predecir con una alta precisión el tiempo quirúrgico, permitiendo una mejor planificación y uso de los recursos quirúrgicos⁹¹. Esto no solo mejora la eficiencia, sino que también reduce el tiempo de espera de los pacientes y maximiza la utilización de los quirófanos⁹².

Gestión de la cadena de suministro. La gestión eficiente de la cadena de suministro es crucial para el funcionamiento diario de los hospitales. La IA puede predecir las necesidades de suministros médicos y medicamentos, asegurando que los inventarios se mantengan a niveles óptimos y reduciendo el riesgo de escasez o excedentes.

Ejemplo de proyecto - IBM Watson Supply Chain: Utilizado en varios hospitales para gestionar la cadena de suministro, *Watson* utiliza análisis predictivo y AA para prever la demanda de suministros. Esto permite una gestión más precisa de los inventarios y reduce costos al minimizar el desperdicio y evitar la escasez de materiales críticos⁹³.

⁸⁹. NHS England. Case study: AI tool improving outcomes for patients by forecasting A&E admissions [Internet]. Disponible en: <https://www.england.nhs.uk>

⁹⁰. LeanTaaS. iQueue for Operating Rooms: Highest Rated OR Solution by KLAS Research [Internet]. LeanTaaS. Disponible en: <https://www.leantaas.com/products/operating-rooms/>

⁹¹. LeanTaaS. Machine Learning Application in OR Operations [Internet]. LeanTaaS. Disponible en: <https://iqueue.leantaas.com/machine-learning-application-in-or-operations-content-download.html>

⁹². LeanTaaS. How UCHHealth Created a More Accurate Surgery Case Schedule Using Predictive Analytics [Internet]. LeanTaaS. Disponible en: <https://iqueue.leantaas.com/how-UCHhealth-created-a-more-accurate-surgery-case-schedule-using-predictive-analytics-registration.html>

⁹³. Galea-Pace S. IBM Watson: how AI is transforming the supply chain | Supply Chain Magazine. 17 de mayo de 2020 [Internet]. Disponible en: <https://supplychaindigital.com>

3.3.3. Análisis predictivo para la gestión de pacientes

Predicción de readmisiones. Una de las áreas estratégicas en la gestión sanitaria en la prevención de los reingresos. Existen herramientas basadas en IA que pueden servir de ayuda mediante el análisis de datos de pacientes, incluyendo antecedentes médicos, patrones de tratamiento y datos demográficos. Estos sistemas pueden identificar a los pacientes con mayor riesgo de readmisión y permitir intervenciones preventivas.

Ejemplo de proyecto - Clínica Mayo: Utiliza algoritmos de IA para analizar los datos de los pacientes y predecir la probabilidad de readmisión. Este sistema ayuda a los médicos a identificar pacientes de alto riesgo y ajustar sus planes de tratamiento, lo que ha resultado en una reducción significativa en las tasas de readmisión^{94,95}.

Análisis de flujo de pacientes. El análisis del flujo de pacientes dentro del hospital es otro campo donde la IA puede ser de gran ayuda. Los algoritmos de IA pueden analizar patrones de admisión, transferencias y altas para optimizar el flujo de pacientes, reducir el tiempo de espera y mejorar la utilización de recursos.

Ejemplo de proyecto - Hospitales de la Universidad de Yale: Los Hospitales de la Universidad de Yale han implementado sistemas de análisis predictivo para gestionar el flujo de pacientes, utilizando IA para prever picos de admisión y coordinar las transferencias y altas de manera eficiente. Esta tecnología permite a los gestores hospitalarios anticipar la demanda de recursos y optimizar la asignación de camas y personal, mejorando tanto la experiencia del paciente como la eficiencia operativa del hospital. La utilización de estos sistemas ha resultado en una mejor gestión de la capacidad hospitalaria y una reducción de los tiempos de espera para los pacientes^{96,97,98}.

3.3.4. Automatización de procesos administrativos en gestión

Facturación y codificación médica. La facturación y la codificación médica son procesos administrativos cuya automatización puede suponer un importante avance. En este sentido, la IA puede ayudar a reducir errores y acelerar el proceso de facturación, mejorando la eficiencia y reduciendo los costos.

⁹⁴ Halamka J, Cerrato P. Discovering Hidden Treasure Within EHR Data - Mayo Clinic Platform. Mayo Clinic Platform Insights [Internet]. 2022. Disponible en: <https://www.mayoclinicplatform.org>

⁹⁵ Landi H. Mayo Clinic launches 2 new companies to use patient data and AI to advance early disease detection. Fierce Healthcare [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.fiercehealthcare.com>

⁹⁶ Harber J. Leveraging AI Technology to Proactively Optimize Inpatient Flow and Capacity. Becker's Hospital Review [Internet]. 2023 Dec 18. Disponible en: <https://www.beckershospitalreview.com>

⁹⁷ Factspan. Harnessing the Power of Artificial Intelligence to Improve Patient Flow in Hospitals. Factspan [Internet]. 2023 Nov 20. Disponible en: <https://www.factspan.com>

⁹⁸ Real-Time Capacity Management and Patient Flow Optimization in Hospitals Using AI Methods. SpringerLink [Internet]. Disponible en: <https://link.springer.com>

Ejemplo de proyecto - Optum360: Optum360 utiliza tecnología de IA para mejorar la precisión y eficiencia en la codificación médica y la facturación. Esta plataforma analiza documentos clínicos asegurando el uso correcto de códigos, lo que reduce errores y agiliza el proceso de facturación. Además, su tecnología de PLN comprende la documentación clínica, identifica discrepancias y aplica la codificación adecuada, mejorando así la exactitud y la eficiencia en la facturación médica^{99,100}. En último término puede ayudar además a recoger datos realistas que permitan determinar de forma fidedigna la complejidad de cada uno de los servicios hospitalarios, a día de hoy completamente infraestimada.

Gestión de citas y registros de pacientes. La gestión de citas y registros de pacientes puede ser un proceso complejo y propenso a errores. Los sistemas de IA pueden automatizar la programación de citas, recordatorios y la gestión de registros, mejorando la eficiencia y reduciendo el tiempo de espera para los pacientes.

Ejemplo de proyecto - Epic Systems: Epic Systems ha desarrollado soluciones de IA para la gestión de citas y registros médicos, que están siendo implementadas para mejorar la eficiencia administrativa y la experiencia del paciente. Estos sistemas permiten la gestión automática de citas, el envío de recordatorios a los pacientes y el mantenimiento de registros precisos y actualizados.

En colaboración con Microsoft, Epic está integrando modelos de lenguaje avanzados y herramientas de IA en su software de historia clínica electrónica. Esta integración, anunciada en la conferencia HIMSS 2023, permite a los hospitales mejorar la productividad y la atención al paciente mediante respuestas automáticas a mensajes y consultas en lenguaje natural. UC San Diego Health, UW Health en Madison, Wisconsin, y Stanford Health Care ya están utilizando estas soluciones^{101,102}.

Epic también está desarrollando funcionalidades adicionales como la redacción de resúmenes de revisión de utilización, oportunidades de mejora de documentación clínica, y la respuesta a preguntas de facturación, todo impulsado por IA generativa¹⁰³.

⁹⁹. Optum. Clinically intelligent NLP: Driving a future of better health care. Optum360 [Internet]. Disponible en: <https://www.optum.com>

¹⁰⁰. Optum. Medical Coding & Documentation. Optum360 [Internet]. Disponible en: <https://www.optum.com.br>

¹⁰¹. Southwick R. Microsoft and Epic are bringing AI into electronic health records. HIMSS 2023 [Internet]. Disponible en: <https://www.chiefhealthcareexecutive.com/view/microsoft-and-epic-are-bringing-ai-into-electronic-health-records-himss-2023>

¹⁰². How Epic is charging ahead to bring generative AI into healthcare. Fierce Healthcare [Internet]. Disponible en: <https://www.fiercehealthcare.com/health-tech/epic-moves-forward-bring-generative-ai-healthcare-heres-why-handful-health-systems-are>

¹⁰³. The Promise of AI in Electronic Health Records is Here. Guidehouse [Internet]. Disponible en: <https://guidehouse.com/insights/healthcare/2024/epic-ai-electronic-health-records>

3.3.5. Gestión de la experiencia del paciente

Chatbots y asistentes virtuales. Estas herramientas pueden proporcionar información, gestionar citas y responder preguntas frecuentes, mejorando la accesibilidad y la satisfacción del paciente.

Ejemplo de proyecto - Ada Health y Buoy Health: Ada Health y Buoy Health son plataformas que utilizan IA para proporcionar asistencia personalizada. Estas herramientas emplean chatbots que ayudan a los pacientes a comprender sus síntomas, recomendar acciones y gestionar citas médicas, mejorando tanto la experiencia del paciente como la eficiencia del sistema de salud.

Ada Health es una aplicación popular que cuenta con aproximadamente 13 millones de usuarios. Utiliza una base de datos impulsada por IA para entender los síntomas y gestionar el cuidado del paciente de manera instantánea, proporcionando diagnósticos altamente precisos^{104,105}.

Buoy Health, por su parte, también utiliza IA para evaluar síntomas y proporcionar recomendaciones de atención médica personalizadas. Estos chatbots no solo ofrecen respuestas rápidas y precisas, sino que también ayudan a los pacientes a tomar decisiones informadas sobre su salud, reduciendo la necesidad de visitas innecesarias al médico y optimizando el uso de recursos sanitarios¹⁰⁶.

Personalización de la atención. La IA puede ayudar a analizar grandes volúmenes de datos de pacientes, identificando patrones y preferencias individuales y poblacionales, con un potencial impacto en salud pública y medicina personalizada. A día de hoy, esta información se encuentra fragmentada y disgregada, siendo difícil la interconexión de datos, y dependiendo en gran medida de la intuición humana para obtener resultados significativos.

Ejemplo de proyecto - Proyecto de Personalización del Cuidado en el Hospital de Mount Sinai: El Proyecto de Personalización del Cuidado en el Hospital de Mount Sinai utiliza IA para analizar datos de pacientes y proporcionar recomendaciones personalizadas. Este proyecto incluye la individualización de dietas hospitalarias, planes de tratamiento y gestión del dolor, mejorando significativamente la satisfacción y los resultados del paciente. La iniciativa forma parte del Departamento

¹⁰⁴. The Medical Futurist. The Top 10 Healthcare Chatbots. The Medical Futurist [Internet]. 2023. Disponible en: <https://medicalfuturist.com/top-10-health-chatbots/>

¹⁰⁵. Leadsquared. Healthcare Chatbots: Benefits, Use Cases, and Top Tools. Leadsquared [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.leadsquared.com/healthcare-chatbots-benefits-use-cases-top-tools/>

¹⁰⁶. Software Streets. Virtual Health Assistants: How Chatbots Are Improving Patient Support. Software Streets [Internet]. 2023. Disponible en: <https://softwarestreets.com/virtual-health-assistants-how-chatbots-are-improving-patient-support/>

de Inteligencia Artificial y Salud Humana de la *Icahn School of Medicine* en Mount Sinai. Esta estrategia es pionera en integrar IA en la atención médica para ofrecer un cuidado más preciso y eficiente a través de herramientas avanzadas de apoyo a la decisión clínica y un “tejido inteligente” que optimiza la toma de decisiones en todos los hospitales del sistema Mount Sinai^{107,108,109}.

¹⁰⁷. Windreich Department of Artificial Intelligence and Human Health. Icahn School of Medicine [Internet]. Disponible en: <https://icahn.mssm.edu/about/departments-offices/ai-human-health>

¹⁰⁸. Mount Sinai unveils first-of-its-kind department to develop AI tools for healthcare. Fierce Biotech [Internet]. Disponible en: <https://www.fiercebiotech.com>

¹⁰⁹. Mount Sinai Launches Department of Artificial Intelligence and Human Health (nota de prensa). Mount Sinai Health System [Internet]. Disponible en: <https://www.mountsinai.org/about/newsroom/2021/mount-sinai-launches-department-of-artificial-intelligence-and-human-health>

CAPÍTULO 4. BENEFICIOS Y POTENCIAL DEL ECOSISTEMA DE SALUD BASADO EN LA IA. IMPACTO EN LA SALUD GLOBAL

4.1. BENEFICIOS GENERALES DEL EMPLEO DE IA

Estamos inmersos en un cambio de paradigma a nivel administrativo y de gestión sanitaria, en el que nuestra participación, de un modo o de otro, no se limita a la del mero espectador, sino como protagonistas de la transformación de los sistemas de salud.

Una de las principales ventajas de esta evolución es la automatización de tareas administrativas, liberando un recurso muy escaso como es el tiempo del profesional. La reducción de la carga administrativa tiene impacto a diferentes niveles: a nivel de gestión permite dedicar más tiempo a la coordinación y planificación, y supervisar mejor la ejecución; a nivel administrativo permite dedicar una mayor atención a tareas no automatizables, así como a la atención al paciente; a nivel asistencial, el personal sanitario puede dedicar más tiempo a la atención directa del paciente e investigación clínica. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también incrementa la satisfacción y productividad^{110,111}.

Otro beneficio importante radica en virar el modo de trabajo hacia un sistema en el que la toma de decisiones está basada en datos del mundo real (*Real World Data*). La IA tiene la capacidad de analizar vastos volúmenes de datos provenientes de

¹¹⁰. Built In. AI in Healthcare: Uses, Examples & Benefits [Internet]. Disponible en: <https://builtin.com/artificial-intelligence/artificial-intelligence-healthcare>

¹¹¹. HHM Global. The integration of AI in healthcare administration and management [Internet]. Disponible en: <https://www.hhmglobal.com>

múltiples fuentes, como historiales médicos, registros de hospitalización, datos de dispositivos médicos y aplicaciones varias. Este análisis integral ofrece una visión completa y precisa del funcionamiento del sistema de salud. Con esta información, las decisiones pueden basarse en evidencias sólidas, mejorando la planificación de recursos, la previsión de demandas y la respuesta a emergencias. Por ejemplo, durante un brote epidémico, la IA puede predecir la propagación de la enfermedad y ayudar a asignar recursos como camas hospitalarias y personal médico de manera eficiente^{112,113}.

La interoperabilidad de datos es otro aspecto fundamental del ecosistema de salud impulsado por IA. La capacidad de integrar y analizar datos de diferentes sistemas y dispositivos permite una coordinación más efectiva entre distintos niveles y áreas de la atención sanitaria. Esto facilita la continuidad del cuidado, asegurando que los pacientes reciban atención adecuada sin interrupciones ni duplicación de esfuerzos. Además, la interoperabilidad mejora la comunicación entre diferentes proveedores de servicios de salud, optimizando el flujo de información y reduciendo errores médicos.

El uso de IA en la gestión sanitaria también optimiza la logística y el suministro de recursos. El empleo de algoritmos avanzados permite prever las necesidades futuras basándose en patrones históricos y tendencias actuales, redundando en una mejor planificación y utilización de recursos. Esto incluye la gestión de inventarios de medicamentos y equipos médicos, reduciendo el desperdicio y asegurando que los suministros estén disponibles cuando y donde se necesiten. En términos de planificación estratégica, la IA proporciona *insights* detallados que ayudan a los gestores a diseñar políticas y estrategias más efectivas y sostenibles.

Finalmente, no podemos olvidar el impacto en la personalización de la atención administrativa. Con la capacidad de analizar datos individualizados, los sistemas de IA pueden proporcionar recomendaciones personalizadas para la gestión del paciente, mejorando la experiencia del usuario y la eficacia del tratamiento. Por ejemplo, la IA puede identificar pacientes que requieren seguimientos específicos, recordatorios de citas o intervenciones preventivas, optimizando así los cuidados y reduciendo las hospitalizaciones innecesarias. Esto es muy importante en poblaciones como la andaluza, con un alto porcentaje de senectud y una pirámide demográfica claramente invertida.

¹¹². IBM. AI healthcare benefits [Internet]. Disponible en: <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence-healthcare>

¹¹³. Hazarika I. Artificial intelligence: opportunities and implications for the health workforce. *Int Health*. 2020;12(4):241-245

4.2. POTENCIAL ESPECÍFICO DE LA INTEGRACIÓN DE APLICACIONES DE IA

Flujo de trabajo administrativo. Como se ha comentado, la IA generativa puede ayudar a los profesionales de la salud con la toma de notas y la síntesis de contenido, lo que contribuye a mantener registros lo más completos posible. Además, la IA puede facilitar la codificación precisa y el intercambio de información entre diferentes departamentos y unidades, como la sección de personal o el departamento económico^{114,115,116}.

Asistentes virtuales de enfermería. Un estudio encontró que el 64% de los pacientes se sienten cómodos con el uso de la IA para acceder a respuestas de apoyo proporcionadas por enfermeros las 24 horas del día. Los asistentes virtuales de enfermería basados en IA, como chatbots, aplicaciones u otras interfaces, pueden ayudar a responder preguntas sobre medicamentos, enviar informes a médicos o cirujanos, y ayudar a los pacientes a programar una visita con un médico. Estas tareas rutinarias pueden aligerar la carga de trabajo de los profesionales, permitiéndoles dedicar más tiempo al cuidado directo de los pacientes, donde el juicio y la interacción humanos son fundamentales^{117,118,119}.

Reducción de errores en la dosificación. La IA puede ser empleada para identificar fallos en la autoadministración de medicamentos por parte de los pacientes^{120,121}. Por ejemplo, una investigación publicada en *Nature Medicine* mostró que hasta un 70% de los pacientes no utiliza la insulina según lo prescrito. Una herramienta basada en IA, operando discretamente en segundo plano (similar a un *router* Wi-Fi), podría detectar errores en la administración de dispositivos como plumas de insulina o inhaladores¹²².

¹¹⁴. Leveraging Generative and Advanced AI to Transform Coding and CDI. RACmonitor [Internet]. 2024. Disponible en: <https://racmonitor.com>

¹¹⁵. NextGen Invent. Generative AI in Healthcare: 7 Most Crucial Use Cases [Internet]. Disponible en: <https://www.nextgeninvent.com/generative-ai-in-healthcare>

¹¹⁶. McKinsey. Generative AI in healthcare: Emerging use for care [Internet]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com.br/industries/healthcare/our-insights/tackling-healthcares-biggest-burdens-with-generative-ai>

¹¹⁷. Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine Learning in Medicine. *N Engl J Med*. 2019;380(14):1347-1358

¹¹⁸. Pew Research Center. How Americans View Use of AI in Health Care and Medicine by Doctors and Other Providers. Pew Research Center [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.pewresearch.org/>

¹¹⁹. BMC Medical Education. Revolutionizing Healthcare: The Role of Artificial Intelligence in Clinical Practice. *BMC Med Educ* [Internet]. 2023. Disponible en: <https://bmcmmededuc.biomedcentral.com/>

¹²⁰. Rowe J. How AI sensors can reduce medication errors. *Healthcare IT News* [Internet]. 2021 Mar 30. Disponible en: <https://www.healthcareitnews.com/news/how-ai-sensors-can-reduce-medication-errors>

¹²¹. Ackerman D. System detects errors when medication is self-administered. MIT CSAIL [Internet]. 2021 Mar 23. Disponible en: <https://www.csail.mit.edu/news/system-detects-errors-when-medication-self-administered>

¹²². Zhao M, Hoti K, Wang H, Raghu A, Katabi D. Wireless sensing of medication administration and adherence using deep learning. *Nat Med*. 2021;27(3):411-416

Cirugías menos invasivas. La incorporación de robots equipados con IA en cirugías ha permitido realizar procedimientos menos invasivos con varias ventajas clínicas. Estos sistemas robóticos permiten a los cirujanos operar con una precisión extraordinaria alrededor de órganos y tejidos sensibles, lo que resulta en una reducción significativa de la pérdida de sangre, menor riesgo de infecciones, y un dolor postoperatorio disminuido. Estos beneficios son posibles gracias a la capacidad de los robots para realizar movimientos más precisos y controlados que las manos humanas, lo que también reduce el tamaño y número de incisiones necesarias^{123,124}.

Prevención de fraudes. La implementación de IA en el sector salud tiene un impacto significativo en la prevención del fraude, el cual es un problema considerable en esta industria, con un costo estimado de hasta 380.000 millones de dólares anuales^{125,126}. La IA permite identificar patrones inusuales o sospechosos en las reclamaciones de seguros, como la facturación de servicios no realizados, desglose de procedimientos (*upcoding*), y la realización de pruebas innecesarias para maximizar los pagos de seguros. Empresas como *Highmark Inc.* y *Shift Technology* han logrado reducir considerablemente los fraudes gracias al uso de herramientas basadas en IA, mejorando la precisión en la detección y disminuyendo los falsos positivos, lo que incrementa la eficiencia de los procesos de revisión y detección de fraudes¹²⁷.

Mejora en la experiencia del usuario. Según un reciente estudio, el 83% de los pacientes informan que la comunicación deficiente es la peor parte de su experiencia, lo que evidencia la necesidad apremiante de una comunicación más clara entre los pacientes y los sanitarios. Tecnologías de IA como el PLN, análisis predictivo y reconocimiento de voz podrían ayudar a los profesionales de la salud a lograr una comunicación más efectiva con los pacientes. Por ejemplo, la IA podría proporcionar información más específica sobre las opciones de tratamiento

¹²³. Cashman R. Revolutionizing Precision Surgery: The Role of Robotics in Modern Healthcare [Internet]. Boston Engineering. 2023. Disponible en: <https://blog.boston-engineering.com/precision-robotic-surgery>

¹²⁴. American College of Surgeons. Robotic Surgery Is Here to Stay—and So Are Surgeons [Internet]. FACS. 2023. Disponible en: <https://www.facs.org/for-medical-professionals/news-publications/news-and-articles/bulletin/2023/may-2023-volume-108-issue-5/robotic-surgery-is-here-to-stay-and-so-are-surgeons/>

¹²⁵. AI For Fraud Detection. Managed Healthcare Executive [Internet]. Disponible en: <https://www.managedhealthcareexecutive.com/view/ai-for-fraud-detection>

¹²⁶. How AI can detect scams in healthcare. Mastercard Newsroom [Internet]. Disponible en: <https://newsroom.mastercard.com/news/perspectives/2021/how-ai-can-detect-scams-in-healthcare/>

¹²⁷. Shift Technology | Claims Fraud Detection [Internet]. Disponible en: <https://www.shift-technology.com>

de un paciente, permitiendo al médico tener conversaciones más significativas con el paciente para la toma de decisiones compartida^{128,129,130}.

Mejora en la eficiencia diagnóstica. Según la Escuela de Salud Pública de Harvard¹³¹, aunque es una aplicación en desarrollo, el uso de la IA para realizar diagnósticos podría reducir los costos de tratamiento hasta en un 50% y mejorar los resultados de salud en un 40%.

Otro ejemplo de caso de uso proviene de la Universidad de Hawái¹³², donde un equipo de investigación descubrió que la implementación de tecnología de IA basada en aprendizaje profundo puede mejorar la predicción de riesgo de cáncer de mama. Aunque los resultados son preliminares, el investigador principal del estudio señaló que un algoritmo de IA puede entrenarse con un conjunto mucho más amplio de imágenes que un radiólogo. Además, este algoritmo puede replicarse sin costo adicional, aparte del hardware necesario.

Por otro lado, un grupo del MIT¹³³ desarrolló un algoritmo de *machine learning* para determinar cuándo se necesita la intervención de un experto humano. En algunos casos, como la identificación de cardiomegalia en radiografías de tórax, descubrieron que un modelo híbrido humano-AI producía los mejores resultados.

Por último, otro estudio¹³⁴ encontró que la IA reconocía mejor el cáncer de piel que médicos experimentados. Investigadores estadounidenses, alemanes y franceses utilizaron el aprendizaje profundo en más de 100.000 imágenes para identificar el cáncer de piel. Al comparar los resultados de la IA con los de 58 dermatólogos internacionales, encontraron que la IA superó a los expertos humanos en precisión diagnóstica.

Promoción de la salud. La IA en las organizaciones de salud podría significar una mejor monitorización de la salud y toma de medidas preventivas en salud

¹²⁸. Hulsen T. Artificial Intelligence in Healthcare: Current State and Future Perspectives. *AI*. 2024;5(1):1-3

¹²⁹. How AI is reshaping the future of the patient-provider experience. *MedCity News* [Internet]. 2023. Disponible en: <https://medcitynews.com>

¹³⁰. 5 Ways Technology Improves Patient Experience in Healthcare. *Sutherland Global* [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.sutherlandglobal.com>

¹³¹. AI for Health Care - Concepts and Applications. Harvard University [Internet]. Disponible en: <https://www.hsph.harvard.edu/ecpe/programs/ai-for-health-care-concepts-and-applications/>

¹³². University of Hawaii. Artificial Intelligence in Medicine [Internet]. Disponible en: <https://manoa.hawaii.edu/news/article.php?ald=11568>

¹³³. Massachusetts Institute of Technology (MIT). Automated Health Care System [Internet]. Disponible en: <https://hst.mit.edu/news-events/automated-health-care-system-understands-when-step>

¹³⁴. AI better than dermatologists in diagnosing skin cancer. *Oncozine* [Internet]. Disponible en: <https://www.oncozine.com/artificial-intelligence-better-dermatologists-diagnosing-skin-cancer/>

pública. A medida que los dispositivos de salud y fitness se vuelven más populares y más personas utilizan aplicaciones que rastrean y analizan detalles sobre su salud, pueden compartir estos conjuntos de datos en tiempo real para supervisar problemas de salud y recibir alertas en caso de complicaciones^{135,136}.

Trabajo con grandes volúmenes de datos e interconexión. Las soluciones de IA, como las aplicaciones de *big data* y los algoritmos de aprendizaje profundo, también podrían utilizarse para ayudar a los humanos a analizar grandes conjuntos de datos y facilitar la toma de decisiones clínicas y otras. La IA también podría ser de utilidad para detectar y rastrear enfermedades infecciosas, como el COVID-19, la tuberculosis y la malaria.

Uno de los beneficios que el uso de la IA aporta a los sistemas sanitarios es facilitar la recopilación y la transmisión de información, permitiendo realizar un seguimiento más eficiente de los datos de los pacientes. Un ejemplo concreto lo encontramos en la diabetes. Según los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, el 10% de la población de los Estados Unidos tiene diabetes. Ahora, los pacientes pueden utilizar dispositivos portátiles y otros monitores que proporcionan retroalimentación sobre sus niveles de glucosa tanto para ellos mismos como para el equipo médico.

La IA puede ayudar a recopilar, almacenar y analizar esa información, y ofrecer recomendaciones basadas en datos provenientes de un gran número de personas. Aprovechar esta información puede ayudar a los sanitarios a determinar cómo tratar y gestionar mejor las enfermedades^{137,138,139}.

Las organizaciones sanitarias también están comenzando a utilizar la IA para mejorar la seguridad de los medicamentos. Por ejemplo, la empresa Selta Square está innovando en el proceso de farmacovigilancia¹⁴⁰, una disciplina legalmente obligatoria para detectar e informar sobre los efectos adversos de los medicamentos,

¹³⁵. The Emergence of AI-Based Wearable Sensors for Digital Health Technology: A Review. *Sensors* [Internet]. 2023;23(23):9498. Disponible en: <https://www.mdpi.com/journal/sensors>

¹³⁶. AI and Wearable Health Tech: 5 Forecasts for the Future of Healthcare. *Augnito* [Internet]. Disponible en: <https://augnito.ai>

¹³⁷. Bouzouane A, Ibrahim H. Machine Learning and Smart Devices for Diabetes Management: Systematic Review. *Sensors (Basel)* [Internet]. 2022;22(5):1843

¹³⁸. Gubbi S, Hamet P, Tremblay J, Koch CA, Hannah-Shmouni F. Artificial Intelligence and Machine Learning in Endocrinology and Metabolism: The Dawn of a New Era. *Front Endocrinol (Lausanne)* [Internet]. 2019;10:185

¹³⁹. Sridhar GR, Lakshmi G. Artificial Intelligence in Medicine: Diabetes as a Model. En: Srinivasa KG, Sekhar SRM, editores. *Artificial Intelligence for Information Management: A Healthcare Perspective. Studies in Big Data*, vol 88. Singapora: Springer; 2021. p. 283-300

¹⁴⁰. IBM. Selta Square Case Study [Internet]. Disponible en: <https://www.ibm.com/case-studies/selta-square>

y luego evaluar, comprender y prevenir dichos efectos. La farmacovigilancia exige un esfuerzo significativo y diligencia por parte de la industria farmacéutica, ya que se realiza desde la fase de ensayos clínicos hasta la disponibilidad del medicamento a lo largo de su vida útil. Selta Square utiliza una combinación de IA y automatización para acelerar y mejorar el proceso de farmacovigilancia, lo que contribuye a hacer que los medicamentos sean más seguros para las personas en todo el mundo.

En algunos casos, la IA podría reducir la necesidad de probar compuestos de medicamentos potenciales físicamente, lo que supone un ahorro de costos considerable. Las simulaciones moleculares de alta fidelidad pueden ejecutarse en computadoras sin incurrir en los altos costos de los métodos tradicionales de descubrimiento¹⁴¹.

4.3. IMPACTO POTENCIAL EN LA SALUD

Los diferentes avances de los últimos años¹⁴² han afianzado la idea de que otro escenario es posible en salud mediante el empleo de IA. Esta concepción ha ido ligada al desarrollo de herramientas médicas impulsadas por IA y algoritmos inteligentes capaces de interpretar grandes conjuntos de datos. El aprendizaje profundo tiene el potencial de detectar enfermedades más rápidamente¹⁴³, proporcionar planes de tratamiento personalizados¹⁴⁴ e incluso automatizar ciertos procesos como el desarrollo de medicamentos¹⁴⁵. También promete mejorar los resultados para los pacientes, aumentar la seguridad y reducir los costes asociados.

Por tanto, debemos estar abiertos a la expansión del potencial de la IA en su aplicación directa al paciente, así como en la gestión sanitaria. El mayor desafío en este sentido no radica en su capacidad para ser útil, sino en asegurar su adopción en la práctica clínica diaria. Con el tiempo, es posible que los profesionales se inclinen hacia tareas que requieran habilidades humanas únicas, aquellas que exijan el más alto nivel de función cognitiva. Quizás los únicos que no aprovecharán todo el potencial de la IA en la atención médica sean aquellos que se nieguen a trabajar junto a ella.

¹⁴¹. How artificial intelligence is revolutionizing drug discovery. Petrie-Flom Center [Internet]. Disponible en: <https://blog.petrieflom.law.harvard.edu/2023/03/20/how-artificial-intelligence-is-revolutionizing-drug-discovery/>

¹⁴². Yang S, Zhu F, Ling X, Liu Q, Zhao P. Intelligent health care: Applications of deep learning in computational medicine. *Front Genet.* 2021;12:607471

¹⁴³. Echle A, Rindtorff NT, Brinker TJ, Luedde T, Pearson AT, Kather JN. Deep learning in cancer pathology: a new generation of clinical biomarkers. *Br J Cancer.* 2021;124(4):686-696.

¹⁴⁴. Zhavoronkov A, Ivanenkov YA, Aliper A, Veselov MS, Aladinskiy VA, Aladinskaya AV, Aspuru-Guzik A. Deep learning enables rapid identification of potent DDR1 kinase inhibitors. *Nat Biotechnol.* 2019;37(9):1038-1040.

¹⁴⁵. Miotto R, Wang F, Wang S, Jiang X, Dudley JT. Deep learning for healthcare: review, opportunities and challenges. *Brief Bioinform.* 2018;19(6):1236-1246

CAPÍTULO 5. DESAFÍOS Y REGULACIONES EN EL USO DE IA EN GESTIÓN SANITARIA

5.1. INTRODUCCIÓN

A medida que la IA adquiere una importancia creciente en la prestación de servicios sanitarios y se desarrollan más aplicaciones médicas basadas en IA, resulta imperativo establecer una gobernanza ética y un marco regulatorio. Las preocupaciones que suscitan inquietud incluyen la posibilidad de sesgos, la falta de transparencia, preocupaciones sobre la privacidad de los datos utilizados para entrenar modelos de IA, así como problemas de seguridad y responsabilidad.

Como señaló Laura Craft, VP Analyst de Gartner¹⁴⁶: “La gobernanza de la IA es necesaria, especialmente para las aplicaciones clínicas de la tecnología”, “sin embargo, dado que las nuevas técnicas de IA son en gran medida un territorio desconocido para la mayoría de las organizaciones de prestación de servicios de salud, existe una falta de reglas comunes, procesos y pautas para que los emprendedores entusiastas las sigan al diseñar sus proyectos piloto”.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reunió a reconocidos expertos en ética durante 18 meses, deliberando acerca de tecnología digital, derecho y derechos humanos. La interacción se expandió hacia diversos miembros de los Ministerios de Salud, para desarrollar un informe llamado “Ética y Gobernanza de

¹⁴⁶. The need for AI governance in healthcare. Gartner [Internet]. Disponible en: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-need-for-ai-governance-in-healthcare>

la Inteligencia Artificial para la Salud”¹⁴⁷. Este informe identifica los desafíos éticos para el uso de la IA en la atención médica¹⁴⁸, señala riesgos y esboza seis principios de consenso para garantizar que la IA beneficie al público:

1. Proteger la autonomía.
2. Promover la seguridad y el bienestar humanos.
3. Asegurar la transparencia.
4. Fomentar la responsabilidad.
5. Garantizar la equidad.
6. Promover herramientas que sean receptivas y sostenibles.

El informe de la OMS también proporciona recomendaciones que aseguran que la gobernanza de la IA en el ámbito de la salud maximice las promesas tecnológicas y responsabilice a los trabajadores de la salud, haciéndolos receptivos a las comunidades y personas con las que colaboran.

5.2. DESAFÍOS EN EL USO DE IA EN GESTIÓN SANITARIA

5.2.1. Privacidad y protección de datos

La privacidad y protección de datos es una preocupación central en el uso de IA en la salud. Los sistemas de IA, especialmente aquellos que utilizan datos de pacientes, requieren acceso a grandes volúmenes de información sensible. Esto incluye datos clínicos, genómicos y de comportamiento, que son cruciales para el desarrollo de modelos predictivos precisos¹⁴⁹. El Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) de la Unión Europea impone estrictas directrices sobre cómo se deben manejar estos datos, incluyendo la necesidad de obtener el consentimiento explícito de los pacientes y la implementación de medidas de seguridad avanzadas¹⁵⁰.

El GDPR no solo establece el marco para la protección de datos, sino que también introduce conceptos como el “derecho al olvido” y la portabilidad de los datos, permitiendo a los pacientes controlar cómo se utilizan sus datos personales. No obstante, la implementación de estas regulaciones presenta desafíos técnicos y logísticos significativos. Por ejemplo, la anonimización de datos para cumplir con el GDPR puede reducir la utilidad de los datos para ciertos tipos de análisis,

¹⁴⁷. WHO. Ethics and governance of artificial intelligence for health [Internet]. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>

¹⁴⁸. <https://www.theverge.com/2021/6/30/22557119/who-ethics-ai-healthcare>

¹⁴⁹. Williamson SM, Prybutok V. Balancing privacy and progress: A review of privacy challenges, systemic oversight, and patient perceptions in AI-driven healthcare. *Appl Sci.* 2024;14(2):675.

¹⁵⁰. Impact of GDPR on AI in healthcare industry. EU GDPR [Internet]. Disponible en: The impact of General Data Protection Regulation (GDPR) on artificial intelligence [Internet]. Disponible en: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/641530/EPRS_STU\(2020\)641530_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/641530/EPRS_STU(2020)641530_EN.pdf)

afectando la precisión de los modelos de IA. Además, garantizar la seguridad de los datos contra ciberataques es una preocupación constante, dado el valor potencial de los datos de salud en el mercado negro¹⁵¹.

5.2.2. Transparencia y explicabilidad

Los sistemas de IA en salud a menudo funcionan como “cajas negras”, donde los procesos internos y las decisiones tomadas por el algoritmo no son fácilmente comprensibles por los humanos. Este fenómeno plantea problemas serios en el contexto médico, donde la capacidad de explicar y justificar decisiones es crucial para la confianza y la ética profesional. La falta de transparencia puede dificultar la identificación de errores y la comprensión de las decisiones de tratamiento, lo que puede tener consecuencias graves para los pacientes.

Las técnicas de IA explicable (XAI) están emergiendo como una solución para este problema, proporcionando mecanismos para interpretar y explicar los resultados de los algoritmos^{152,153}. Sin embargo, estas técnicas aún están en desarrollo y pueden no ser aplicables a todos los tipos de modelos de IA, especialmente aquellos basados en redes neuronales profundas, que son intrínsecamente complejos. La comunidad científica y reguladora enfrenta el desafío de desarrollar estándares de explicabilidad que sean efectivos y prácticos, equilibrando la necesidad de transparencia con las limitaciones tecnológicas actuales¹⁵⁴.

5.2.3. Bias y equidad

Los sesgos en los datos y en los algoritmos de IA representan un desafío significativo para la equidad en la atención sanitaria. Si los datos de entrenamiento no son representativos de toda la población, los sistemas de IA pueden perpetuar o amplificar desigualdades existentes¹⁵⁵. Por ejemplo, un sistema de diagnóstico entrenado predominantemente con datos de pacientes de un grupo étnico específico podría ser menos preciso para otros grupos¹⁵⁶.

¹⁵¹. Leszczyna R. Cybersecurity and privacy in the context of the digitalization of medical data under the GDPR. *J Med Internet Res*. 2021;23(3)

¹⁵². Wichmann A, Timmer A, Biller-Andorno N. Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2023;23:158

¹⁵³. Fong RC, Vedaldi A. Interpretable explanations of black boxes by meaningful perturbation. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*, 2017;3429–3437

¹⁵⁴. Ghassemi M, Oakden-Rayner L, Beam AL. The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care. *Lancet Digit Health*. 2021;3:e750.

¹⁵⁵. Char DS, Abramoff MD, Feudtner C. Identifying Ethical Considerations for Machine Learning Healthcare Applications. *Am J Bioeth*. 2020 Feb;20(2):7-17.

¹⁵⁶. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019;366(6464):447-453

La detección y mitigación de sesgos requiere una evaluación cuidadosa de los datos de entrenamiento y de los algoritmos¹⁵⁷, así como una auditoría continua de los resultados de los sistemas de IA. Sin embargo, este es un proceso complejo que puede ser costoso y requerir mucho tiempo. Además, la definición de “equidad” puede variar, y lo que se considera un resultado justo puede diferir según el contexto cultural y social. La regulación debe abordar estos desafíos estableciendo normas claras para la evaluación de sesgos y asegurando que los desarrolladores y proveedores de IA sean responsables de garantizar la equidad en sus sistemas¹⁵⁸.

5.2.4. Responsabilidad

Determinar la responsabilidad en caso de errores o fallos de los sistemas de IA es otro desafío crítico. ¿Quién es responsable si un sistema de IA recomienda un tratamiento incorrecto que resulta en daño al paciente? La respuesta a esta pregunta no es sencilla y depende de varios factores, incluyendo el diseño del sistema, su implementación y el papel de los profesionales de la salud en la toma de decisiones¹⁵⁹.

El marco regulador debe clarificar estas cuestiones, estableciendo protocolos claros para la asignación de responsabilidades¹⁶⁰. Esto puede incluir requisitos para la documentación detallada del proceso de toma de decisiones del sistema de IA, así como la necesidad de que los profesionales de la salud revisen y aprueben las recomendaciones del sistema antes de actuar sobre ellas¹⁶¹. Además, debe haber mecanismos para que los pacientes puedan buscar compensación si sufren daños debido a errores en los sistemas de IA.

5.3. NORMATIVA NACIONAL Y EUROPEA RELACIONADA

5.3.1. Reglamento General de Protección de Datos (GDPR)

El GDPR es una pieza fundamental de la regulación europea que establece un estándar alto para la protección de datos personales, incluyendo los datos de salud.

¹⁵⁷. Gianfrancesco MA, Tamang S, Yazdany J, Schmajuk G. Potential Biases in Machine Learning Algorithms Using Electronic Health Record Data. *JAMA Intern Med*;178(11):1544-1547

¹⁵⁸. Pfohl SR, Duan T, Ding DY, Shah NH. Counterfactual Reasoning for Fair Clinical Risk Prediction. *Proc Mach Learn Res*. 2019;106:325-354.

¹⁵⁹. Gerke S, Minssen T, Cohen G. Ethical and legal challenges of artificial intelligence-driven healthcare. *Health Policy Technol*. 2020;9(3):349-353

¹⁶⁰. Baum J, Corrales M. Legal concerns in health-related artificial intelligence: a scoping review protocol. *Syst Rev*. 2020;9: 193

¹⁶¹. Health A, Chauhan V, Gullapalli D. The potential impact of AI on medical malpractice claims. Society of Actuaries [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.soa.org/globalassets/assets/files/resources/research-report/2021/potential-impact-of-ai-on-medical-malpractice-claims.pdf>

Entre sus disposiciones clave se encuentran el derecho a la portabilidad de los datos, el derecho a ser olvidado y la necesidad de obtener un consentimiento explícito para el procesamiento de datos sensibles. Estos aspectos son particularmente relevantes para la IA en salud, donde los datos personales son esenciales para el funcionamiento de los sistemas, pero también requieren una protección robusta^{162,163}.

El GDPR también exige que las organizaciones realicen evaluaciones de impacto sobre la protección de datos (DPIA) antes de implementar tecnologías que puedan tener un alto riesgo para los derechos y libertades de las personas¹⁶⁴. Esto incluye muchos sistemas de IA utilizados en la salud. Las DPIA deben evaluar los riesgos potenciales y establecer medidas para mitigarlos, lo que incluye la minimización de datos, la anonimización y el cifrado de datos sensibles¹⁶⁵.

5.3.2. Proyectos legislativos en marcha

La Comisión Europea ha propuesto la “Ley de Inteligencia Artificial” (*Artificial Intelligence Act*), que busca establecer un marco regulador para el desarrollo, comercialización y uso de la IA en la Unión Europea¹⁶⁶. Este proyecto de ley clasifica los sistemas de IA en diferentes categorías de riesgo, desde mínimo hasta inaceptable, y establece requisitos específicos para cada nivel de riesgo. Los sistemas de IA utilizados en contextos críticos como la salud se consideran de “alto riesgo” y están sujetos a normas estrictas de transparencia, seguridad y responsabilidad¹⁶⁷.

Esta legislación propone, por ejemplo, la obligación de llevar registros exhaustivos y de proporcionar información clara y accesible sobre el funcionamiento del sistema de IA a los usuarios finales. Además, impone la necesidad de controles de calidad y pruebas rigurosas antes de la implementación de estos sistemas. La

¹⁶². Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union [Internet]. 2016;L119:1-88. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj>

¹⁶³. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). Data Protection Impact Assessment (DPIA) under the GDPR [Internet]. Disponible en: <https://gdpr.eu/data-protection-impact-assessment-template/>

¹⁶⁴. Wolford B. Data Protection Impact Assessment (DPIA) - GDPR.eu. Proton Technologies AG [Internet]. 2020. Disponible en: <https://gdpr.eu/data-protection-impact-assessment-template/>

¹⁶⁵. Voigt P, von dem Bussche A. The EU General Data Protection Regulation (GDPR): A Practical Guide. 1st ed. Springer International Publishing; 2017. p. 93-119

¹⁶⁶. JURIST. La Ley de Inteligencia Artificial de la UE entra oficialmente en vigor. JURIST [Internet]. 2024 Ago 1. Disponible en: <https://www.jurist.org/news/2024/08/eu-artificial-intelligence-act-officially-enters-into-force/>

¹⁶⁷. Comisión Europea. Propuesta de Reglamento por el que se establecen normas armonizadas sobre inteligencia artificial (Ley de Inteligencia Artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la Unión. Comisión Europea [Internet]. 2021 Abr 21. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0206>

“Ley de Inteligencia Artificial” también enfatiza la importancia de la supervisión humana, asegurando que los sistemas de IA no tomen decisiones autónomas sin la intervención y el control de los profesionales adecuados¹⁶⁸.

5.3.3. Normativa española

En España, la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) desempeña un papel crucial en la regulación del uso de datos personales, incluidos aquellos relacionados con la IA en el ámbito de la salud. La AEPD ha elaborado guías específicas para el tratamiento de datos basado en IA, destacando la necesidad de transparencia y de obtener el consentimiento explícito de los pacientes para el procesamiento de sus datos sensibles¹⁶⁹.

Además, el Plan Nacional de Inteligencia Artificial de España se enfoca en promover el desarrollo y la implementación ética y responsable de las tecnologías de IA. Este plan incluye la creación de un marco regulador específico y un código de ética que orienta el desarrollo y uso de estas tecnologías en el sector público y privado¹⁷⁰. En el ámbito sanitario, se están desarrollando normativas específicas para regular el uso de datos genómicos y biométricos, cruciales para la medicina personalizada.

Para cumplir con el GDPR, las organizaciones deben realizar evaluaciones de impacto sobre DPIA antes de implementar tecnologías de IA que puedan presentar riesgos elevados para los derechos y libertades de las personas. Estas evaluaciones deben considerar la minimización, anonimización y cifrado de datos sensibles, así como otras medidas de mitigación de riesgos.

5.4. ASPECTOS ÉTICOS

5.4.1. Consentimiento informado

La obtención del consentimiento informado es un principio ético crucial en la medicina, y su importancia se extiende al uso de la IA en el ámbito de la salud. Para garantizar que los pacientes estén plenamente informados sobre cómo se utilizarán sus datos y los posibles riesgos y beneficios del uso de sistemas de IA en su atención médica, se deben tomar varias medidas.

¹⁶⁸. Simmons & Simmons. Ley de Inteligencia Artificial de la UE: Perspectivas en el sector sanitario. Simmons & Simmons [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.simmons-simmons.com/en/publications/ckoim7ji91fsf0a45mjw4q7at/eu-artificial-intelligence-act-perspectives-in-healthcare>

¹⁶⁹. Spanish DPA (AEPD): Guide on AI-based data processing. IAPP Privacy [Internet]. Disponible en: <https://iapp.org/resources/article/spanish-dpa-issues-guide-on-ai-based-data-processing-2>

¹⁷⁰. Data protection and cybersecurity laws in Spain. CMS [Internet]. Disponible en: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-data-protection-and-cyber-security-laws/spain>

Primero, los pacientes deben recibir una explicación clara y comprensible sobre el funcionamiento de los sistemas de IA, sus limitaciones y su papel en la toma de decisiones clínicas. Este proceso puede ser complicado, ya que muchos pacientes pueden no tener conocimientos técnicos sobre IA. Por lo tanto, es esencial que los desarrolladores de IA y los profesionales de la salud trabajen juntos para crear materiales educativos que sean accesibles y fáciles de entender para los pacientes¹⁷¹.

Además, los profesionales deben asegurarse de que los pacientes realmente comprendan la información proporcionada. Una práctica recomendada es pedir a los pacientes que expliquen con sus propias palabras las implicaciones de ciertos procedimientos o el uso de IA, lo cual ayuda a verificar su comprensión¹⁷².

Este enfoque no solo protege los derechos de los pacientes, sino que también fortalece la confianza en la relación médico-paciente. En el contexto de la IA, donde las decisiones tomadas por algoritmos pueden parecer opacas o incomprensibles, la transparencia y la educación son fundamentales para mantener la ética y la confianza en la atención médica¹⁷³.

5.4.2. Equidad y acceso

La equidad en el acceso a tecnologías de IA es otro aspecto ético crucial. Existe el riesgo de que las tecnologías de IA amplíen las disparidades existentes en la atención sanitaria, particularmente si su desarrollo y despliegue se centran en áreas urbanas o en poblaciones de alto ingreso. Es esencial garantizar que las innovaciones en IA estén disponibles para todos los segmentos de la población y que no excluyan a grupos vulnerables o desfavorecidos¹⁷⁴.

Además, los sistemas de IA deben ser diseñados y entrenados para ser inclusivos y representar la diversidad de la población¹⁷⁵. Esto incluye considerar factores como el género, la raza, la etnia y la condición socioeconómica en los datos de entrenamiento y en el diseño del sistema. Las políticas públicas y las iniciativas regulatorias deben incentivar y, cuando sea posible, exigir este enfoque inclusivo¹⁷⁶.

¹⁷¹. Watson DS, Krutzinna J, Bruce IN, et al. Clinical applications of machine learning algorithms: beyond the black box. *BMJ*. 2019;364

¹⁷². Williams RD, Wernly B, Thiele H, et al. Informed consent and machine learning in cardiology. *Eur Heart J*. 2020;41(36):3407-3412.

¹⁷³. Mantelero A. AI and Big Data: A blueprint for a human rights, social and ethical impact assessment. *Computer Law & Security Review*. 2018;34(4):754-772.

¹⁷⁴. Wiens J, Saria S, Sendak M, et al. Do no harm: a roadmap for responsible machine learning for health care. *Nat Med*. 2019;25(9):1337-1340

¹⁷⁵. Nundy S, Montgomery T, Wachter RM. Promoting Equity in the Era of COVID-19 and Artificial Intelligence. *JAMA*. 2020;324(21):2173-2174

¹⁷⁶. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019;366(6464):447-453

CAPÍTULO 6. AVANCES ACTUALES Y FUTUROS EN GESTIÓN SANITARIA CON IA

6.1. EXPERIENCIAS EXITOSAS Y TENDENCIAS DE USO DE LA IA EN SALUD

6.1.1. IA en el diagnóstico médico

La precisión y la rapidez en el diagnóstico médico son elementos esenciales para la efectividad de los tratamientos y la seguridad del paciente. En Estados Unidos, cada año se atribuyen aproximadamente 100,000 muertes a errores relacionados con historias médicas incompletas o erróneas, un problema exacerbado por la elevada carga de trabajo administrativo que enfrentan los profesionales de la salud. La IA ha emergido como una herramienta prometedora para abordar estos desafíos, mejorando significativamente tanto la velocidad como la precisión en el diagnóstico de enfermedades^{177,178}.

En el ámbito de la detección temprana de problemas cognitivos, encontramos una innovadora solución con DCTclock, una herramienta que evalúa más de 50 métricas relacionadas con la función cognitiva del paciente. Esta herramienta, desarrollada por Linus Health, analiza el dibujo de un reloj para identificar signos tempranos de deterioro cognitivo. Su capacidad para ofrecer datos detallados que guían

¹⁷⁷. Makary MA, Daniel M. Medical error—the third leading cause of death in the US. *BMJ*. 2016;353

¹⁷⁸. Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke Vasc Neurol*. 2017;2(4):230-243

intervenciones tempranas es un ejemplo de cómo la IA puede prevenir problemas de salud a largo plazo, mejorando la calidad de vida de los pacientes^{179,180}.

Continuando con la importancia de la intervención temprana, Viz.ai se enfoca en agilizar la detección de problemas médicos críticos y notificar rápidamente a los equipos de atención urgente. Esta plataforma mejora la toma de decisiones al proporcionar análisis tempranos, lo que puede aumentar la tasa de supervivencia en situaciones de emergencia. La rapidez en la respuesta de Viz.ai complementa la precisión diagnóstica de herramientas como DCTclock, subrayando el papel crucial de la IA en situaciones donde cada segundo, cuenta¹⁸¹.

En el campo de la anatomía patológica, encontramos una solución con un enorme potencial, denominada PathAI. Utilizando algoritmos de AA, esta empresa colabora con desarrolladores de medicamentos y organizaciones filantrópicas para reducir errores diagnósticos y personalizar tratamientos médicos. La contribución de PathAI es esencial para asegurar que los diagnósticos sean precisos y confiables, complementando la detección temprana y la rápida intervención que ofrecen otras tecnologías de IA^{182,183}.

La integración de IA en las historias clínicas electrónicas por Regard ha permitido la creación de un “copiloto clínico” que analiza datos y proporciona recomendaciones específicas para el cuidado del paciente. Este sistema no solo mejora el diagnóstico, sino que también alivia la carga administrativa de los profesionales, permitiéndoles concentrarse en la atención al paciente. Regard, al automatizar tareas administrativas, complementa la precisión diagnóstica de PathAI y la rapidez de Viz.ai, haciendo el sistema sanitario más eficiente¹⁸⁴.

Un enfoque diferente pero igualmente innovador ha sido adoptado por Buoy Health. Este verificador de síntomas y curas basado en IA utiliza un chatbot que interactúa con los pacientes, escucha sus síntomas y preocupaciones de salud, y los guía hacia la atención adecuada. La accesibilidad y facilidad de uso de Buoy

¹⁷⁹. Linus Health. DCTclock: Advanced Cognitive Assessment [Internet]. Disponible en: <https://linushealth.com/advancing-cognitive-testing>

¹⁸⁰. Rentz DM, Parra Rodriguez MA, Amariglio R, et al. The DCTclock™: Development of a new computerized screening instrument to detect the earliest signs of Alzheimer disease. *Alzheimers Dement.* 2019;15(7):1034-1047

¹⁸¹. Viz.ai. Viz.ai Intelligent Care Coordination [Internet]. Disponible en: <https://www.viz.ai/>

¹⁸². PathAI. PathAI Technology [Internet]. Disponible en: <https://www.pathai.com>

¹⁸³. Steiner DF, Chen PHC, Mermel CH. Closing the translation gap: AI applications in digital pathology. *J Pathol.* 2020;250(5):538-543

¹⁸⁴. Regard. Regard AI Technology Overview [Internet]. Disponible en: <https://regard.com/solutions/>

Health democratiza el acceso a la atención médica, ampliando el impacto de las innovaciones en diagnóstico temprano y gestión eficiente de datos¹⁸⁵.

En el ámbito de la radiología, Enlitic ha desarrollado una plataforma que analiza datos médicos no estructurados para proporcionar a los médicos una comprensión más completa de las necesidades del paciente en tiempo real. Esta tecnología permite diagnósticos más rápidos y precisos, mejorando la eficiencia del tratamiento. Enlitic, con su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos no estructurados, complementa perfectamente las soluciones de diagnóstico y gestión de datos ofrecidas por las otras empresas mencionadas^{186,187}.

La detección temprana del cáncer es una misión crucial que Freenome ha adoptado mediante la implementación de IA en cribados generales y pruebas diagnósticas. Identificar el cáncer en sus etapas más tempranas facilita la detección precoz y contribuye al desarrollo de nuevos tratamientos. La misión de Freenome se alinea con las herramientas diagnósticas de otras empresas, creando un panorama donde la prevención y el tratamiento temprano son la norma¹⁸⁸.

La tecnología desarrollada en el Beth Israel Deaconess Medical Center, un hospital universitario afiliado a la Universidad de Harvard, ha creado microscopios mejorados con IA capaces de escanear bacterias dañinas en muestras de sangre a una velocidad sin precedentes. Este sistema automatizado utiliza una red neuronal convolucional para categorizar bacterias como *E. coli*, *Staphylococcus* y *Streptococcus* basándose en su forma y distribución. Esta capacidad de identificar y predecir bacterias dañinas es crucial para el tratamiento de infecciones graves, complementando las soluciones de detección temprana de Freenome y PathAI^{189,190}.

En el campo de la gastroenterología, Iterative Health aplica IA para mejorar el diagnóstico y tratamiento de enfermedades inflamatorias del intestino. Su herramienta SKOUT ayuda a los médicos a identificar pólipos potencialmente cancerosos y facilita la investigación de nuevos tratamientos mediante algoritmos

¹⁸⁵. Buoy Health. How Buoy Works [Internet]. Disponible en: <https://www.buoyhealth.com>

¹⁸⁶. Enlitic. Imaging Data Solutions | Data Monetization Strategy [Internet]. Enlitic; 2024. Disponible en: <https://enlitic.com/blogs/data-monetization-in-medical-imaging/>

¹⁸⁷. Applied Radiology. Enlitic and GE partner to improve data standardization in PACS using AI [Internet]. Applied Radiology; 2024 Jul 30. Disponible en: <https://appliedradiology.com/articles/enlitic-ge-partner-to-improve-data-standardization-in-pacs-using-ai>

¹⁸⁸. Freenome Raises \$254M for Multiomic-Based Early Cancer Detection. Inside Precision Medicine [Internet]. Disponible en: <https://www.insideprecisionmedicine.com>

¹⁸⁹. Identify Bacteria Quickly and Accurately Using Artificial Intelligence. Technology Networks [Internet]. 2017 Dec 18. Disponible en: <https://www.technologynetworks.com>

¹⁹⁰. Artificial intelligence to identify bacteria quickly and accurately. ScienceBlog [Internet]. 2017 Dec 18. Disponible en: <https://scienceblog.com>

que automatizan la identificación de pacientes para ensayos clínicos. Iterative Health genera una importante sinergia con las capacidades de detección de cáncer de Freenome y las soluciones diagnósticas de Enlitic, ofreciendo una perspectiva integral de cómo la IA puede transformar múltiples áreas de la medicina¹⁹¹.

La seguridad del paciente es una prioridad que VirtuSense aborda utilizando sensores de IA para monitorear movimientos y predecir caídas, notificando al personal médico para prevenir accidentes. Productos como VSTAlert y VSTBalance mejoran significativamente la seguridad del paciente, especialmente en entornos hospitalarios y de cuidado a largo plazo¹⁹².

Caption Health combina IA y ecografía para la identificación temprana de enfermedades, guiando a los médicos durante la ecografía en tiempo real y produciendo imágenes de alta calidad diagnóstica. Esta tecnología es crucial para la detección precoz y el tratamiento de diversas condiciones médicas, mejorando la precisión y eficiencia del diagnóstico. Caption Health aporta una capa adicional de precisión a la atención médica, complementando las soluciones ofrecidas por Enlitic y PathAI^{193,194}.

Arterys, enfocada en la medicina de precisión, utiliza IA para analizar imágenes médicas y detectar condiciones como cáncer de mama y tumores cerebrales. Su plataforma puede leer radiografías urgentes y seguir nódulos pulmonares, proporcionando diagnósticos rápidos y precisos. Arterys se integra bien con las soluciones de imagen de Enlitic y las capacidades de detección temprana de otras empresas, ofreciendo un enfoque integral para la atención médica basada en imágenes^{195,196,197}.

¹⁹¹. Iterative Health, Provation. Iterative Health Announces Availability of SKOUT. Provation Medical. [Internet]. Disponible en: <https://www.businesswire.com/news/home/20230504005248/en/Iterative-Health-Announces-Upcoming-U.S.-Availability-of-SKOUT-Real-Time-AI-for-Polyp-Detection>

¹⁹². VirtuSense. Fall Prevention | Skilled Nursing | Detect Falls Before They Happen [Internet]. VirtuSense. Disponible en: <https://www.virtusense.ai/solutions/snf-3>

¹⁹³. Verisound AI. GE HealthCare [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.gehealthcare.com/>

¹⁹⁴. GE HealthCare to Acquire Caption Health, Expanding Ultrasound to Support New Users Through FDA-Cleared, AI-Powered Image Guidance. Caption Health [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.caption-care.com/>

¹⁹⁵. MedTech Innovator. Arterys Company Profile [Internet]. MedTech Innovator. 2024. Disponible en: <https://medtechinnovator.org/company/arterys/>

¹⁹⁶. Arterys. Innovations in Lung Imaging [Internet]. Arterys. 2024. Disponible en: https://public.arterys.com/ImagingWire/WP_Lung_Innovations_in_Lung_Imaging.pdf

¹⁹⁷. Tempus. Welcome Arterys: integrating medical imaging insights to drive better outcomes for patients [Internet]. Tempus. 2024. Disponible en: <https://www.tempus.com/resources/content/blog/welcome-arterys-integrating-medical-imaging-insights-to-drive-better-outcomes-for-patients/>

Finalmente, Cleerly, Inc. desarrolla tecnología de IA para mejorar la atención cardiovascular. Su plataforma digital analiza la aterosclerosis y determina el riesgo individual de sufrir un ataque cardíaco, recomendando planes de tratamiento personalizados. La capacidad de Cleerly para proporcionar diagnósticos precisos y personalizados en el ámbito cardiovascular es compatible con las soluciones ofrecidas por empresas como Caption Health y Arterys, cerrando el círculo de atención médica integral y personalizada^{198,199}.

6.1.2. IA en el descubrimiento de medicamentos

La industria farmacéutica está experimentando una transformación radical gracias a la IA, que no solo ha mejorado la eficiencia y precisión en el desarrollo de medicamentos, sino que también ha permitido a las empresas superar los enormes costos y desafíos asociados con los ensayos clínicos. A continuación, se presentan ejemplos de cómo diversas compañías están utilizando la IA para impulsar la innovación en el desarrollo de nuevos medicamentos, y cómo estas innovaciones están interconectadas, creando un ecosistema cohesivo.

En el campo de la inmunooncología y la neurociencia, BioXcel Therapeutics está a la vanguardia utilizando IA para identificar y desarrollar nuevos medicamentos. Su programa de reinnovación de medicamentos busca nuevas aplicaciones para fármacos ya existentes, un enfoque que puede ahorrar tiempo y costos significativos en el proceso de desarrollo. Al encontrar nuevas utilidades para medicamentos aprobados, BioXcel abre la puerta a tratamientos innovadores para enfermedades complejas, aprovechando al máximo los recursos disponibles^{200,201}.

Profundizando en la selección de candidatos para medicamentos, Deep Genomics utiliza su plataforma de IA para identificar posibles tratamientos para trastornos neuromusculares y neurodegenerativos. La capacidad de esta plataforma para predecir con precisión qué moléculas tendrán éxito en los ensayos clínicos es crucial. La identificación precisa de candidatos adecuados no solo reduce el tiempo y los costos, sino que también aumenta la probabilidad de éxito, complementando

¹⁹⁸. Cleerly. Cleerly: Personalized Analysis and Treatment of Heart Disease [Internet]. Cleerly. 2024. Disponible en: <https://cleerlyhealth.com>

¹⁹⁹. Cleerly. Plaque Detection and Early Intervention with AI Innovation [Internet]. Cleerly. 2024. Disponible en: <https://cleerlyhealth.com/forging-future-cardiovascular-care>

²⁰⁰. BioXcel Therapeutics. BioXcel Therapeutics: AI-based Drug Re-innovation [Internet]. BioXcel Therapeutics. 2024. Disponible en: <https://www.bioxceltherapeutics.com/ai-based-drug-re-innovation/>

²⁰¹. Inside Precision Medicine. The Pharma Phoenix: BioXcel Therapeutics Uses AI to Repurpose Shelved Drugs [Internet]. Inside Precision Medicine. 2024. Disponible en: <https://www.insideprecisionmedicine.com/topics/informatics/the-pharma-phoenix-bioxcel-therapeutics-uses-ai-to-repurpose-shelved-drugs/>

el enfoque de BioXcel al centrarse en nuevas moléculas prometedoras desde el inicio del proceso de desarrollo^{202,203}.

Por otro lado, Reverie Labs aplica la química computacional y el aprendizaje automático para diseñar y descubrir nuevos medicamentos. Utilizando análisis predictivos y bases de datos expansivas, la empresa busca comprender mejor el cáncer y desarrollar tratamientos efectivos. Este enfoque computacional no solo permite el diseño de moléculas más precisas, sino que también puede predecir cómo estas interactuarán con las células cancerosas, lo que resulta en tratamientos más específicos y efectivos²⁰⁴.

La interconexión entre la recopilación de datos y el diseño molecular se ejemplifica con Valo Health, que utiliza su Plataforma Computacional Opal para recopilar datos centrados en el ser humano. Este enfoque elimina la necesidad de pruebas en animales y permite a Valo diseñar moléculas basadas en datos genotípicos y fenotípicos. La capacidad de Valo para integrar datos de diversas fuentes humanas refuerza la precisión en el diseño de medicamentos, complementando las predicciones moleculares de Reverie Labs y optimizando el proceso de desarrollo de medicamentos^{205,206}.

XtalPi lleva la predicción de propiedades moleculares a otro nivel mediante la combinación de IA, la nube y la física cuántica. Su plataforma ID4 predice las propiedades químicas y farmacéuticas de candidatos a moléculas pequeñas, acelerando el diseño y desarrollo de medicamentos. La capacidad de XtalPi para prever cómo se comportarán las moléculas en diferentes entornos es esencial para identificar los candidatos más prometedores, un enfoque que combina la recopilación de datos y el diseño molecular de Valo²⁰⁷.

²⁰². Deep Genomics. AI-Powered Discovery [Internet]. Deep Genomics. 2024. Disponible en: <https://www.deepgenomics.com>

²⁰³. Drug Discovery Trends. Deep Genomics Expands AI Platform for RNA Therapies [Internet]. Drug Discovery Trends. 2024. Disponible en: <https://www.drugdiscoverytrends.com/deep-genomics-announces-key-hires-expands-operations-in-cambridge-mass/>

²⁰⁴. Forbes. A Virtual Drug Discovery Company—With No Lab Of Its Own Partners With Roche To Fight Cancers In The Brain [Internet]. Forbes. 2020 Ago 25. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/johncumbers/2020/08/25/a-virtual-drug-discovery-company-with-no-lab-of-its-own-partners-with-roche-to-fight-cancers-in-the-brain/>

²⁰⁵. Valo Health. Valo | This is Intelligent Health [Internet]. Valo Health. 2024. Disponible en: <https://www.valohealth.com>

²⁰⁶. Life Sciences USA. Opal Computational Platform™ Valo Health Inc. [Internet]. Life Sciences USA. 2024. Disponible en: <https://www.life-sciences-usa.com/product/opal-computational-platform-valo-health-inc-formerly-llc-2001-32810.html>

²⁰⁷. PR Newswire. XtalPi se asocia con Excelra para que GOSTAR mejore su plataforma digital inteligente de descubrimiento y desarrollo de fármacos [Internet]. PR Newswire. 2024. Disponible en: <https://www.prnewswire.com/news-releases/xtalpi-se-asocia-con-excelra-para-que-gostar-mejore-su-plataforma-digital-inteligente-de-descubrimiento-y-desarrollo-de-farmacos-812656010.html>

La investigación celular avanzada de Deepcell utiliza IA y microfluidos para estudiar la morfología de células individuales²⁰⁸. Esta tecnología tiene aplicaciones en la investigación del cáncer, terapia celular y biología del desarrollo, proporcionando información detallada sobre cómo se comportan las células bajo diferentes condiciones²⁰⁹. La capacidad de Deepcell para analizar células a nivel individual es crucial para el desarrollo de terapias personalizadas, y puede apoyar las predicciones moleculares y el diseño de medicamentos de empresas como XtalPi y Valo.

Atomwise utiliza su red neuronal, AtomNet, para abordar enfermedades graves como el ébola y la esclerosis múltiple²¹⁰. AtomNet predice la bioactividad y ayuda a identificar características de pacientes para ensayos clínicos, examinando millones de compuestos genéticos diariamente²¹¹. La velocidad y precisión de Atomwise en la identificación de compuestos efectivos complementa la investigación celular de Deepcell, proporcionando una base sólida para el desarrollo de tratamientos innovadores²¹².

BenevolentAI se centra en proporcionar el tratamiento adecuado a los pacientes adecuados en el momento oportuno mediante la IA. Su enfoque en la selección de objetivos y el descubrimiento de nuevas ideas a través del aprendizaje profundo le permite colaborar con grandes grupos farmacéuticos y organizaciones benéficas²¹³. BenevolentAI amplía el impacto de las innovaciones en la identificación de objetivos y el diseño de tratamientos.

Finalmente, Owkin utiliza la tecnología de IA para el descubrimiento de medicamentos y diagnósticos, mejorando el tratamiento del cáncer²¹⁴. Sus herramientas de IA identifican nuevos objetivos de medicamentos, recomiendan combinaciones de fármacos y sugieren nuevas aplicaciones para medicamentos

²⁰⁸. Deepcell. Home - Deepcell [Internet]. Disponible en: <https://deepcell.com/>

²⁰⁹. Deepcell. Deepcell Raises \$73 Million Series B Round to Advance Its AI-Powered Single Cell Analysis Platform [Internet]. Disponible en: <https://deepcell.com/press-release/deepcell-raises-73-million-series-b-round-to-advance-its-ai-powered-single-cell-analysis-platform/>

²¹⁰. Atomwise. Case Study: Ebola [Internet]. Disponible en: <https://www.atomwise.com/case-ebola/>

²¹¹. Atomwise. How AtomNet® Technology Improves Drug Design Using Convolutional Neural Networks [Internet]. Disponible en: <https://blog.atomwise.com/introducing-atomnet-drug-design>

²¹². Atomwise. Atomwise Publishes Results from 318-Target Study Showcasing AtomNet AI Platform's Ability to Discover Structurally Novel Chemical Matter [Internet]. Disponible en: <https://www.atomwise.com/2024/04/02/press-release-atomwise-publishes-results-from-318-target-study/>

²¹³. BenevolentAI. BenevolentAI and AstraZeneca collaboration yields continued success as further novel target progressed into portfolio [Internet]. Disponible en: <https://www.benevolent.com/news-and-media/press-releases-and-in-media/benevolentai-and-astrazeneca-collaboration-yields-continued-success-further-novel-target-progressed-portfolio/>

²¹⁴. Owkin. Owkin and MSD develop AI-powered diagnostics for cancer [Internet]. Disponible en: <https://www.owkin.com/newsfeed/owkin-enters-collaboration-agreement-with-msd-to-develop-ai-powered-diagnostics-for-cancer>

existentes²¹⁵. Owkin también desarrolla herramientas de diagnóstico como RlapsRisk para evaluar el riesgo de recaída en pacientes con cáncer de mama y MSIntuit para la detección de cáncer colorrectal. La integración de diagnóstico y tratamiento de Owkin complementa el enfoque de terapia personalizada y precisa de empresas como BenevolentAI y Deepcell.

6.1.3. IA como elemento transformador de la experiencia del paciente

La IA no solo está transformando los resultados en salud, sino también optimizando la experiencia del paciente en múltiples aspectos del cuidado médico. Al integrar herramientas y plataformas avanzadas, estas innovaciones buscan mejorar tanto la eficiencia del sistema de salud como el bienestar y la satisfacción de los pacientes.

En el ámbito de la gestión de información del paciente, Iodine Software ha desarrollado una plataforma que optimiza recursos y aumenta las tasas de respuesta al identificar y destacar la información faltante en las historias clínicas²¹⁶. Esta capacidad para asegurar la integridad y la precisión de los datos es fundamental para una atención médica efectiva y reduce significativamente el riesgo de errores.

Siguiendo con la optimización de la atención, Kaia Health ofrece una plataforma dirigida a fisioterapeutas, permitiendo una atención personalizada a través de revisiones optimizadas, rutinas de ejercicios y recursos de aprendizaje²¹⁷. Además, su entrenador automatizado basado en IA proporciona retroalimentación de calidad, mejorando el tratamiento de condiciones como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el dolor de espalda. Este enfoque no solo mejora la eficacia del tratamiento, sino que también empodera a los pacientes al involucrarlos activamente en su propio cuidado²¹⁸.

El bienestar mental de los profesionales de la salud es otra área crítica, y Spring Health aborda esta necesidad mediante modelos de AA que ofrecen citas presenciales o telefónicas para el personal hospitalario. Al proporcionar apoyo para la salud mental, esta plataforma contribuye a mantener un ambiente de trabajo saludable y productivo, lo que a su vez puede mejorar la calidad de la atención al paciente²¹⁹.

²¹⁵. Owkin. Owkin presenta su línea de oncología e inmunología impulsada por IA y el mejor activo de su clase bajo licencia OKN4395 [Internet]. Disponible en: <https://bing.com/search?q=Owkin+IA+medicamentos+diagn%C3%B3sticos+tratamiento+c%C3%A1ncer>

²¹⁶. Iodine Software. Iodine Software: Transforming Clinical Documentation [Internet]. Disponible en: <https://www.iodinesoftware.com>

²¹⁷. Kaia Health. Digital-First Care for Musculoskeletal Pain [Internet]. Disponible en: <https://kaiahealth.com/>

²¹⁸. Munich-based Kaia Health's new personal training app creates personalised fitness plans and counts your reps [Internet]. Disponible en: <https://www.eu-startups.com/2019/03/munich-based-kaia-healths-new-personal-training-app-creates-personalised-fitness-plans-and-counts-your-reps/>

²¹⁹. Spring Health. Transform Mental Health Care as a Spring Health Provider [Internet]. Disponible en: <https://www.springhealth.com/solutions/for-clinicians>

Twin Health, con su innovador modelo de “*Whole Body Digital Twin*”, representa una revolución en el manejo de enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2^{220,221}. Al crear una representación digital de la función metabólica humana basada en miles de parámetros, esta tecnología permite intervenciones personalizadas y potencialmente reversivas, demostrando el poder de la biomedicina y la ciencia de datos en la transformación de la salud.

La automatización de tareas repetitivas por parte de soluciones como Olive efectivamente libera tiempo para que los profesionales de la salud puedan enfocarse en actividades de mayor valor. Esta tecnología, que incluye IA y automatización de procesos, permite la optimización de flujos de trabajo, reduciendo la carga administrativa y minimizando errores, lo cual es crucial para mejorar la eficiencia operativa en entornos sanitarios. Por ejemplo, Olive ha demostrado ser eficaz en la automatización de procesos como la gestión del ciclo de ingresos y la administración de reclamaciones, lo que no solo reduce los costes, sino que también libera al personal para dedicar más tiempo a la atención directa del paciente^{222,223}.

Además, la implementación de esta automatización contribuye significativamente a mejorar la experiencia del paciente, ya que permite a los profesionales de la salud dedicar más tiempo a la atención clínica y menos a tareas rutinarias. Esto no solo optimiza los resultados clínicos, sino que también aumenta la satisfacción del paciente al recibir una atención más personalizada y eficiente²²⁴.

Qventus, Inc. se especializa en la utilización de IA para mejorar la priorización de pacientes y la gestión de los tiempos de espera en las salas de urgencias. Esta plataforma permite optimizar el flujo de pacientes mediante la predicción de eventos de aglomeración en las urgencias y la automatización de decisiones críticas, como la priorización de órdenes médicas y la coordinación del personal, para reducir los tiempos de espera y mejorar la seguridad del paciente. Al implementar Qventus, hospitales han visto mejoras significativas en la eficiencia operativa, incluyendo una reducción del 20% en el tiempo desde la llegada del paciente hasta ser atendido

220. Twin Health. Twin Health Secures \$50M to Expand Its Groundbreaking Whole Body Digital Twin™ Technology and Service to Reverse Chronic Metabolic Disease [Internet]. Disponible en: <https://www.prnewswire.com/news-releases/twin-health-secures-50m-to-expand-its-groundbreaking-whole-body-digital-twin-technology-and-service-to-reverse-chronic-metabolic-disease-302014250.html>

221. Verywell Health. Your ‘Digital Twin’ Could Help Control Type 2 Diabetes [Internet]. Disponible en: <https://www.verywellhealth.com/type-2-diabetes-digital-twin-5206096>

222. SphereGen. RPA in Healthcare Comparison - UiPath and Olive [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.spheregen.com/robotic-process-automation>

223. Toolify AI. Revolutionizing Healthcare Workflows: The Impact of Olive’s Automation Technology [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.toolify.ai>

224. Vim. Clinical Workflow Automation: Enhancing Efficiency In Healthcare [Internet]. 2024. Disponible en: <https://getvim.com/blog/clinical-workflow-automation/#:~:text=Clinical%20workflow%20automation%20boosts%20productivity,to%20focus%20more%20on%20care>

por un médico y una disminución del 50% en el número de pacientes que se van sin ser atendidos^{225,226}.

La colaboración entre Cleveland Clinic e IBM, así como la asociación entre Johns Hopkins Medicine y GE Healthcare, son ejemplos destacados de cómo la IA está transformando la investigación en genómica, biomedicina y salud pública. La colaboración entre Cleveland Clinic e IBM, a través de su proyecto Discovery Accelerator, está centrada en acelerar la investigación biomédica mediante el uso de tecnologías avanzadas como la computación cuántica y la IA. Esta alianza ha permitido desarrollar nuevos métodos para la secuenciación genómica y la predicción de riesgos cardiovasculares, lo que podría revolucionar el tratamiento de enfermedades como el cáncer y el Alzheimer. Además, este proyecto está ayudando a formar una nueva generación de profesionales en el campo de la ciencia de datos y la computación cuántica²²⁷.

Por otro lado, la asociación entre Johns Hopkins Medicine y GE Healthcare ha logrado notables avances en la gestión hospitalaria, particularmente en la asignación de camas. Gracias a la implementación de soluciones de IA, Johns Hopkins ha mejorado en un 38% la eficiencia en la asignación de camas, lo que no solo optimiza el uso de recursos, sino que también mejora significativamente la experiencia del paciente al reducir tiempos de espera y mejorar la atención en momentos críticos²²⁸.

Babylon Health utiliza su motor de IA para ofrecer un enfoque proactivo en la prevención de enfermedades a través de un verificador de síntomas y análisis de factores de riesgo. Este sistema permite la identificación temprana de posibles problemas de salud al comparar los síntomas del usuario con condiciones médicas conocidas, lo que facilita intervenciones preventivas y mejora el pronóstico del paciente. Además, la plataforma sugiere cambios en el estilo de vida para reducir los riesgos de desarrollar enfermedades en el futuro²²⁹.

²²⁵. Qventus, Inc. Emergency Department [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.qventus.com/solutions/surgical-services/>

²²⁶. Qventus, Inc. Automate Your Patient Flow [Internet]. 2024. Disponible en: <https://www.qventus.com/solutions/healthcare-automation-platform/>

²²⁷. Cleveland Clinic and IBM Unveil First Quantum Computer Dedicated to Healthcare Research [Internet]. Cleveland Clinic Newsroom. 2021. Disponible en: <https://newsroom.clevelandclinic.org/2023/03/20/cleveland-clinic-and-ibm-unveil-first-quantum-computer-dedicated-to-healthcare-research>

²²⁸. Cleveland Clinic and IBM Unveil Landmark 10-Year Partnership to Accelerate Discovery in Healthcare and Life Sciences [Internet]. IBM Newsroom. 2021. Disponible en: <https://newsroom.ibm.com/2021-03-30-Cleveland-Clinic-and-IBM-Unveil-Landmark-10-Year-Partnership-to-Accelerate-Discovery-in-Healthcare-and-Life-Sciences>

²²⁹. How Babylon Health is using AI to provide online healthcare services [Internet]. NS Medical Devices. 2019. Disponible en: <https://www.nsmedicaldevices.com/analysis/babylon-health-ai-health-services/>

One Drop es una plataforma integral diseñada para la gestión de condiciones crónicas, que incluye diabetes, hipertensión, y colesterol alto. Ofrece un enfoque holístico que abarca desde el entrenamiento interactivo hasta herramientas avanzadas de predicción y seguimiento diario. Con funciones como lecturas predictivas de glucosa y tendencias de presión arterial, la plataforma permite a los usuarios anticipar posibles problemas de salud y tomar medidas preventivas.

Además, One Drop proporciona a los usuarios acceso a entrenadores de salud certificados que ofrecen orientación personalizada basada en datos en tiempo real. Este soporte continuo ayuda a los pacientes a gestionar proactivamente sus condiciones, mejorando su calidad de vida y reduciendo el riesgo de complicaciones a largo plazo^{230,231}.

CloudMedX utiliza AA y análisis predictivos para mejorar los recorridos de los pacientes en el sistema de atención. Esta tecnología permite a hospitales y clínicas intervenir en momentos críticos, lo que optimiza la experiencia del paciente desde el diagnóstico hasta el tratamiento. Al integrar la IA con datos de salud y otros sistemas de gestión clínica, CloudMedX genera información en tiempo real que facilita la toma de decisiones clínicas más informadas y personalizadas, mejorando así los resultados de salud y reduciendo los costos^{232,233}.

Subtle Medical, un líder en el campo de la imagen médica impulsada por IA, ha desarrollado productos como SubtlePET y SubtleMR que utilizan IA para mejorar significativamente las imágenes radiológicas. Estas tecnologías están diseñadas para mejorar la calidad y eficiencia de los escaneos médicos, lo que permite una adquisición de imágenes más rápida sin comprometer la calidad. Esta eficiencia permite reducir los tiempos de espera de los pacientes y aumentar el número de pacientes escaneados por día, optimizando así la eficiencia operativa y mejorando el acceso a información diagnóstica crucial²³⁴.

SubtlePET, por ejemplo, mejora las imágenes de las tomografías por emisión de positrones (PET) al reducir el tiempo de escaneo necesario o disminuir la dosis de radiotrazadores, dependiendo del entorno clínico. Esto resulta en escaneos más

²³⁰. One Drop. Best Diabetes Management System - Glucose Monitoring App - One Drop [Internet]. Disponible en: <https://www.odycy.com/en-gb/health-apps/disease-management-and-medical-apps/chronic-condition-management/one-drop-diabetes-management>

²³¹. One Drop. One Drop Launches New Digital Membership, Bringing Its Multi-Condition Platform To Consumers Worldwide [Internet]. Disponible en: <https://www.prnewswire.com/news-releases/one-drop-launches-new-digital-membership-bringing-its-multi-condition-platform-to-consumers-worldwide-301115422.html>

²³². CloudMedX Health. Revolutionizing Healthcare Technology [Internet]. Disponible en: <https://cloudmedxhealth.com/>

²³³. CloudMedX. Healthcare Delivery and AI Powered Health Assistant [Internet]. Disponible en: <https://www.appengine.ai/company/cloudmedx>

²³⁴. Subtle Medical. SubtleMR - AI Software for improving your MRI Scanners [Internet]. Disponible en: <https://subtlemedical.com/subtlemr/>

rápidos y un aumento potencial en el número de pacientes atendidos, lo cual es especialmente beneficioso en entornos de alta demanda como la oncología o la neurología. De manera similar, SubtleMR mejora la nitidez y reduce el ruido en las imágenes de resonancia magnética, permitiendo procedimientos más rápidos sin sacrificar la calidad de las imágenes. Ambos productos son independientes del proveedor, lo que significa que pueden integrarse sin problemas en los flujos de trabajo existentes en diferentes plataformas de imagen^{235,236}.

Twill, conocida como “La Compañía de Curación Inteligente”, ofrece soluciones digitales avanzadas para la atención de condiciones crónicas como la esclerosis múltiple y la psoriasis. A través de su plataforma *Intelligent Healing*, Twill proporciona trayectorias de atención personalizadas y digitalmente integradas que incluyen terapias digitales, comunidades de apoyo y opciones de asesoramiento. Estas soluciones, denominadas *Sequences*, están diseñadas para mejorar la experiencia del paciente al adaptar el tratamiento a sus necesidades individuales, lo que resulta en un cuidado más preciso y efectivo.

En el caso de la esclerosis múltiple, Twill ha desarrollado herramientas específicas en colaboración con Biogen para ayudar a los pacientes a manejar su enfermedad de manera más efectiva, proporcionándoles recursos educativos, acceso a expertos y la posibilidad de conectarse con otras personas que padecen la misma condición. De manera similar, para los pacientes con psoriasis, Twill ha colaborado con Almirall para ofrecer soluciones digitales que mejoran el bienestar de los pacientes y apoyan su tratamiento continuo, ayudando a mejorar su calidad de vida.

Estas iniciativas subrayan el enfoque de Twill en integrar las terapias digitales con la IA y el apoyo humano para guiar a los pacientes a través de un recorrido de atención más conectado y centrado en sus necesidades específicas^{237,238}.

Augmedix ofrece una suite avanzada de herramientas de IA que se centra en mejorar la documentación médica, lo que alivia significativamente la carga administrativa de los profesionales de la salud. Estas herramientas permiten a los médicos dedicar más tiempo a la atención directa de los pacientes al automatizar la transcripción de las conversaciones clínicas en tiempo real y generar notas médicas precisas y completas.

²³⁵. Applied Radiology. Subtle Medical Is Pushing the Envelope of AI, Which Has Hit the Mainstream at RSNA '23 [Internet]. Disponible en: <https://appliedradiology.com>

²³⁶. Aidoc. Aidoc and Subtle Medical Partner to Bring End-to-End AI Solutions to Medical Imaging [Internet]. Disponible en: <https://aidoc.com>

²³⁷. Twill. Twill | The Intelligent Healing Company™ [Internet]. Disponible en: <https://www.twill.health>

²³⁸. Twill Therapeutics [Internet]. Disponible en: <https://www.twill.health/twill-therapeutics>

La tecnología de Augmedix, basada en IA, captura y convierte las interacciones naturales entre médicos y pacientes en datos estructurados y notas médicas que se integran directamente en los sistemas de registros médicos electrónicos. Este enfoque no solo mejora la calidad de la documentación médica, sino que también reduce el tiempo que los médicos dedican a tareas administrativas, ayudando a disminuir el agotamiento profesional y a mejorar la satisfacción tanto del paciente como del médico²³⁹.

La plataforma de Augmedix, respaldada por tecnología de Google Cloud, está diseñada para ser adaptable y escalable, lo que permite su uso en una variedad de entornos médicos y especialidades. Con el uso de modelos avanzados de lenguaje adaptados al dominio médico, Augmedix garantiza que los datos capturados sean precisos y se generen rápidamente, lo que facilita una mejor continuidad y calidad en el cuidado de los pacientes²⁴⁰.

6.1.4. Ejemplos de IA para la gestión de datos de salud

La atención médica se considera ampliamente una de las próximas fronteras importantes en el manejo de datos. Existe información muy valiosa que a veces puede perderse entre el bosque de billones de puntos de datos. Además, la incapacidad para conectar puntos de datos importantes ralentiza el desarrollo de nuevos medicamentos, la medicina preventiva y el diagnóstico adecuado.

Muchos en el campo de la salud están recurriendo a la IA como una forma de detener el sangrado de datos. La tecnología descompone los silos de datos y conecta en minutos información que solía tardar años en procesarse.

Tempus, con sede en Chicago, es una empresa pionera en el uso de IA para analizar la mayor colección mundial de datos clínicos y moleculares, con el fin de personalizar los tratamientos médicos. La plataforma de Tempus procesa enormes volúmenes de datos multimodales, como información genética, notas de oncología, imágenes de radiología y resultados de pruebas de patología. Esta capacidad permite a los médicos tomar decisiones informadas y basadas en datos precisos, optimizando así los tratamientos para cada paciente según sus características individuales.

El enfoque de Tempus está revolucionando la medicina de precisión mediante la integración avanzada de datos y la IA, lo que permite un desarrollo más rápido de nuevas terapias y la identificación precisa de pacientes para ensayos clínicos

²³⁹. Augmedix. Clinical Documentation Software | Physicians & Group Practices [Internet]. Disponible en: <https://www.augmedix.com/product-overview>

²⁴⁰. Healthcare Digital. Augmedix: Transforming Healthcare with Ambient AI Medical Documentation [Internet]. Disponible en: <https://www.healthcare-digital.com>

específicos. En oncología, la tecnología de Tempus ha demostrado ser particularmente transformadora al facilitar la identificación de mutaciones genéticas críticas y seleccionar las mejores opciones de tratamiento personalizadas para cada paciente. La capacidad de Tempus para combinar datos moleculares y clínicos permite que un gran porcentaje de pacientes oncológicos sean potencialmente elegibles para ensayos clínicos, lo que mejora significativamente sus opciones de tratamiento²⁴¹.

Además, Tempus está ampliando su alcance más allá de la oncología, abordando áreas como enfermedades infecciosas y salud mental. Esto subraya su compromiso con la mejora de los resultados clínicos a través de la innovación en la recolección y análisis de datos, impulsada por IA. El uso de gemelos moleculares, por ejemplo, está ayudando a personalizar aún más los tratamientos y a cerrar brechas en la equidad de salud entre diversas poblaciones²⁴².

IBM Watson ha demostrado ser una herramienta importante en la optimización de la eficiencia hospitalaria, la interacción con los pacientes y la mejora del tratamiento médico. Watson utiliza IA para analizar grandes cantidades de datos clínicos y genéticos, lo que permite a los profesionales de la salud desarrollar planes de tratamiento personalizados y mejorar la precisión en la detección temprana de enfermedades. Esta tecnología ha mostrado un impacto significativo en la personalización del cuidado, ayudando a los médicos a interpretar resultados de pruebas genéticas y a detectar signos tempranos de enfermedades como el cáncer, lo que puede mejorar los resultados clínicos y reducir costos de tratamiento^{243,244}.

La personalización del tratamiento e identificación del riesgo de pacientes ha sido también un área importante de desarrollo para la empresa ClosedLoop, con sede en Austin. Ha desarrollado tecnología que permite recibir y analizar datos en tiempo real, lo que es crucial para intervenir de manera oportuna y efectiva. Esto no solo mejora la calidad de la atención al paciente, sino que también contribuye a la reducción de costos al evitar tratamientos tardíos o inadecuados que podrían resultar más caros y menos efectivos²⁴⁵.

La plataforma de ClosedLoop es reconocida por su capacidad para hacer predicciones precisas y explicables sobre los riesgos de salud individuales, lo

²⁴¹. Tempus. Using data and AI/ML to achieve precision medicine [Internet]. Disponible en: <https://www.tempus.com>

²⁴². Tempus AI. Molecular Twin Initiative Will Help Advance Precision Cancer Treatment [Internet]. Disponible en: <https://investors.tempus.com>

²⁴³. IBM. AI healthcare benefits [Internet]. Disponible en: <https://www.ibm.com>

²⁴⁴. Built In. AI in Healthcare: Uses, Examples & Benefits [Internet]. Disponible en: <https://builtin.com>

²⁴⁵. ClosedLoop. Home - ClosedLoop [Internet]. Disponible en: <https://www.closedloop.ai>

que permite a los profesionales tomar decisiones informadas y proactivas. Esta capacidad ha sido fundamental para su éxito, como lo demuestra su victoria en el *AI Health Outcomes Challenge* del CMS, donde superó a grandes competidores en el ámbito de la tecnología y la salud. Además, la plataforma está diseñada para integrarse fácilmente en los flujos de trabajo clínicos, lo que facilita su adopción en diversas organizaciones de salud²⁴⁶.

Otras empresas han focalizado sus esfuerzos en ámbitos concretos de la medicina, como Beacon Biosignals. Esta empresa destaca en el campo de las enfermedades neurológicas y psiquiátricas mediante el uso de IA para analizar electroencefalogramas (EEG) y desarrollar neurobiomarcadores estandarizados²⁴⁷. Su plataforma tiene el potencial de revolucionar el tratamiento de estas enfermedades al mejorar significativamente el desarrollo de medicamentos.

La plataforma integra algoritmos avanzados de AA con datos de EEG de alta calidad, lo que permite identificar patrones neurofisiológicos que pueden no ser detectados por los humanos. Estos neurobiomarcadores cuantitativos se utilizan para mejorar la selección de pacientes en ensayos clínicos, optimizar las dosis de medicamentos y proporcionar nuevos criterios de valoración que aumentan la probabilidad de éxito en cada etapa del desarrollo de fármacos. Esto es particularmente relevante en el tratamiento de condiciones complejas del cerebro, como epilepsia, trastornos del sueño, esquizofrenia y enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer²⁴⁸.

Además, la capacidad de Beacon para capturar y analizar datos en tiempo real a través de dispositivos como la banda Dreem 3S permite una supervisión continua y precisa, lo que es crucial para realizar intervenciones oportunas y efectivas en los pacientes, mejorando así la calidad de la atención y ofreciendo nuevas esperanzas a millones de personas que padecen enfermedades neurológicas y psiquiátricas²⁴⁹.

Proscia está revolucionando el campo de la patología mediante el uso de IA para detectar patrones en células neoplásicas, lo que permite a los laboratorios gestionar datos de manera más eficiente y conectar puntos de datos críticos para el tratamiento del cáncer. Su plataforma digital, Concentriq, facilita la integración de aplicaciones de IA que mejoran la precisión diagnóstica, aceleran los flujos de

²⁴⁶. Fierce Healthcare. Fresh off its win in the CMS Challenge, ClosedLoop.ai nabs \$34M to build out 'explainable' AI [Internet]. Disponible en: <https://www.fiercehealthcare.com>

²⁴⁷. Beacon Biosignals. Beacon EEG neurobiomarker platform [Internet]. Disponible en: <https://beacon.bio>

²⁴⁸. Beacon Biosignals. Beacon Biosignals Overview [Internet]. Work in Biotech. Disponible en: <https://beacon.bio>

²⁴⁹. Pathmanathan J. Medical Director at Beacon Biosignals Shares Insights on EEG Neurobiomarkers for the Development of Precision Medicines in Neurology [Internet]. PharmaShots. Disponible en: <https://www.pharmashots.com>

trabajo y eliminan cuellos de botella en la gestión de datos. Esto es vital en la lucha contra el cáncer, ya que proporciona a los patólogos herramientas avanzadas para interpretar imágenes de manera más precisa y rápida, lo que puede resultar en decisiones de tratamiento más informadas y oportunas²⁵⁰.

Proscia también ha desarrollado aplicaciones de control de calidad automatizado, lo que permite a los laboratorios aumentar la reproducibilidad de los resultados y reducir el desgaste del personal al automatizar tareas repetitivas. Esta innovación es esencial para manejar el creciente volumen de datos en patología y asegurar que las investigaciones y desarrollos de nuevos tratamientos para el cáncer se realicen de manera más eficiente²⁵¹.

H2O.ai, con sede en Mountain View, se especializa en el uso IA para abordar algunos de los desafíos más críticos en el ámbito de la salud, como la predicción de transferencias a la unidad de cuidados intensivos (UCI), la mejora de los flujos de trabajo clínicos y la detección temprana de infecciones adquiridas en el hospital, incluida la sepsis.

Su tecnología se destaca por la capacidad de prever situaciones críticas, como el deterioro de los pacientes que pueden requerir una transferencia a la UCI. Al analizar datos médicos en tiempo real, la IA de H2O.ai puede identificar señales tempranas de empeoramiento en la condición del paciente, lo que permite a los clínicos intervenir antes de que se necesite una transferencia a la UCI, mejorando así los resultados y reduciendo las tasas de mortalidad.

Además, H2O.ai también se enfoca en la detección de infecciones hospitalarias, como las infecciones del torrente sanguíneo asociadas a catéteres centrales (CLABSI), que son una causa significativa de complicaciones y mortalidad en hospitales. Mediante el uso de modelos predictivos basados en IA, la plataforma de H2O.ai ayuda a identificar a los pacientes con mayor riesgo de contraer estas infecciones, permitiendo intervenciones preventivas que pueden salvar vidas²⁵².

En el contexto de la sepsis, una condición potencialmente mortal, H2O.ai colabora en el desarrollo de diagnósticos rápidos que pueden diferenciar entre infecciones bacterianas y virales en cuestión de minutos, lo que es crucial para la rápida administración del tratamiento adecuado y la reducción de la mortalidad²⁵³.

²⁵⁰ Proscia. Proscia and Visiopharm Partner to Deliver AI-Powered Pathology to Drive Insight in Cancer Diagnosis [Internet]. Disponible en: <https://proscia.com>

²⁵¹ Proscia. Proscia Introduces AI-Powered Quality Control to Accelerate Data-Driven Drug Development [Internet]. Disponible en: <https://proscia.com>

²⁵² H2O.ai. Predicting Hospital Acquired Infections (HAIs) [Internet]. Disponible en: <https://h2o.ai>

²⁵³ H2O.ai. Inflammix and H2O.ai Collaborate to Combat Life Threatening Infections and Sepsis in the ER [Internet]. Disponible en: <https://h2o.ai>

iCarbonX es una empresa china que utiliza IA y big data para explorar las complejidades de la vida humana a través de su innovadora Plataforma de Vida Digital. Fundada en 2015 por Jun Wang, exdirector del Instituto de Genómica de Beijing (BGI), iCarbonX busca construir un ecosistema de salud digital que recopile y analice datos biológicos, comportamentales y ambientales de los usuarios para ofrecerles recomendaciones personalizadas de salud²⁵⁴.

La plataforma de iCarbonX combina datos de múltiples fuentes, incluidos genomas, proteínas, microbiomas y metabolomas, con tecnologías de IA para crear un “mapa” detallado de la salud de cada individuo. Este enfoque tiene el potencial de desarrollar opciones de tratamiento más precisas y mejorar la salud general de las personas al proporcionar una gestión integral y personalizada de la salud a lo largo de toda su vida. La empresa también ha establecido la Digital Life Alliance, que incluye colaboraciones con empresas especializadas en biotecnología y análisis de datos, para ampliar su capacidad de investigación y desarrollo en el campo de la medicina personalizada²⁵⁵.

AKASA, una empresa con sede en San Francisco, está transformando el sector de la salud al automatizar tareas administrativas, lo que permite al personal centrarse en áreas críticas que requieren atención humana directa. Su enfoque de automatización personalizada para la gestión del ciclo de ingresos en hospitales y sistemas de salud garantiza una mayor precisión en la gestión de reclamaciones y pagos²⁵⁶.

Utilizando IA y aprendizaje automático, AKASA es capaz de adaptarse a los cambios en los formularios, portales de los pagadores, y requisitos de códigos de facturación. Esto reduce significativamente los errores humanos y optimiza los flujos de trabajo, permitiendo a los hospitales procesar reclamaciones más rápidamente y mejorar su flujo de caja. La implementación de estas soluciones no solo ha reducido el tiempo que el personal dedica a tareas repetitivas, sino que también ha mejorado la eficiencia operativa en general, lo que resulta en una mejor calidad del servicio para los pacientes²⁵⁷.

²⁵⁴. AsiaTechDaily. The HealthTech Club – iCarbonX – Building A Digital Life Ecosystem By Combining Consumer Life Data, Internet And AI! [Internet]. Disponible en: <https://asiatechdaily.com>

²⁵⁵. Nature. Chinese AI company plans to mine health data faster than rivals [Internet]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/541141a>

²⁵⁶. AKASA. Driving RCM Claim Status Efficiency With AI-Based Automation [Internet]. Disponible en: <https://www.akasa.com>

²⁵⁷. HIT Consultant. AKASA Raises \$60M to Automate Revenue Cycle Operations for Health Systems [Internet]. Disponible en: <https://hitconsultant.net>

6.1.5. IA en cirugía robótica

La popularidad de la cirugía asistida por robots está en aumento. Los hospitales están utilizando robots para ayudar en todo, desde procedimientos mínimamente invasivos hasta cirugías a corazón abierto. Según la Clínica Mayo, los robots ayudan a los médicos a realizar procedimientos complejos con una precisión, flexibilidad y control que superan las capacidades humanas.

Vicarious Surgical ha realizado una contribución significativa al campo de las cirugías mínimamente invasivas al combinar la realidad virtual con robots habilitados para IA. Esta tecnología innovadora permite a los cirujanos “reducir virtualmente su tamaño” y explorar el interior del cuerpo del paciente con un detalle sin precedentes. Al utilizar robots miniaturizados que imitan los movimientos humanos y proporcionan una visualización de 360 grados, los cirujanos pueden realizar operaciones complejas a través de una microincisión, lo que mejora notablemente la precisión y reduce los riesgos asociados con procedimientos invasivos tradicionales²⁵⁸.

La inversión de Bill Gates en Vicarious Surgical refuerza la confianza en el potencial transformador de esta tecnología para revolucionar el campo de la cirugía. La empresa ha recibido múltiples rondas de financiamiento, incluyendo una importante inversión de Gates Frontier, lo que le ha permitido avanzar hacia la comercialización de su tecnología. Este enfoque no solo mejora la precisión quirúrgica, sino que también tiene el potencial de democratizar el acceso a cirugías de alta calidad, incluso en áreas remotas²⁵⁹.

Accuray ha desarrollado el sistema CyberKnife, que combina IA y robótica para tratar tumores con una precisión extraordinaria. Este sistema es capaz de realizar radiocirugía estereotáctica y radioterapia corporal con una precisión submilimétrica, lo que permite a los médicos dirigir la radiación únicamente a las áreas afectadas por el tumor. Al seguir en tiempo real el movimiento del tumor, CyberKnife puede ajustar la radiación durante el tratamiento, lo que minimiza los efectos secundarios y mejora significativamente los resultados para los pacientes con cáncer. Esta tecnología innovadora no solo mejora la precisión de los tratamientos, sino que también reduce el número de sesiones necesarias, lo

²⁵⁸. The Robot Report. Vicarious Surgical raises \$13.2M to commercialize VR, surgical robotics [Internet]. Disponible en: <https://www.therobotreport.com>

²⁵⁹. Business Insider. Bill Gates-Backed Vicarious Surgical Announces SPAC Deal With D8 Holdings: What You Need To Know [Internet]. Disponible en: <https://markets.businessinsider.com>

que supone una ventaja importante tanto para la comodidad del paciente como para la eficiencia del tratamiento^{260,261}.

La plataforma da Vinci de Intuitive ha sido un pionero en la cirugía robótica desde su aprobación inicial por la FDA en el año 2000. Desde entonces, ha asistido en más de 10 millones de intervenciones quirúrgicas a nivel mundial. Con más de 6,500 sistemas instalados en 67 países, el sistema da Vinci ha permitido a los cirujanos realizar procedimientos con una precisión y control inigualables, utilizando cámaras avanzadas, brazos robóticos e instrumentos quirúrgicos altamente especializados²⁶².

Uno de los aspectos más innovadores de la plataforma da Vinci es su capacidad para recopilar y analizar datos quirúrgicos de manera continua. Esta recopilación de datos no solo ayuda a los cirujanos a mejorar sus técnicas en tiempo real, sino que también permite la evolución continua de la práctica quirúrgica a través de la retroalimentación y el aprendizaje basado en evidencias. La integración de la tecnología con el conocimiento médico ha demostrado ser clave en la mejora de los resultados clínicos y en la optimización de la experiencia del paciente²⁶³.

El Instituto de Robótica de la Universidad Carnegie Mellon ha desarrollado un innovador robot llamado HeartLander, diseñado para facilitar las terapias cardíacas de manera mínimamente invasiva. HeartLander es un pequeño robot móvil que puede entrar al tórax a través de una pequeña incisión y navegar de forma autónoma sobre la superficie del corazón. Una vez que se adhiere al epicardio, se desplaza hacia la ubicación deseada en el corazón, donde administra la terapia bajo el control de un médico²⁶⁴.

Este robot tiene el potencial de revolucionar los tratamientos cardíacos al ofrecer una opción menos invasiva y más precisa en comparación con las técnicas tradicionales. Por ejemplo, a diferencia de otros métodos que requieren múltiples incisiones y la deflación de un pulmón, HeartLander puede acceder al corazón a través de un único punto de entrada, minimizando el trauma y acelerando la recuperación del paciente. Además, su capacidad para navegar y adherirse al

²⁶⁰. Surgical Robotics Technology. Accuray Advances CyberKnife with S7 System [Internet]. Disponible en: <https://www.surgicalroboticstechnology.com>

²⁶¹. Accuray Incorporated. CyberKnife Robotic Radiotherapy Platform Expands Range of Neurological Indications [Internet]. Disponible en: <https://investors accuray.com>

²⁶². Surgical Robotics Technology. Intuitive Wins FDA Clearance of Fifth-Generation Robotic System, da Vinci 5 [Internet]. Disponible en: <https://www.surgicalroboticstechnology.com>

²⁶³. Intuitive Surgical. Intuitive Announces FDA Clearance of Revised da Vinci Xi and X Labeling on Radical Prostatectomy [Internet]. Disponible en: <https://isrg.intuitive.com>

²⁶⁴. Carnegie Mellon University. HeartLander: A mobile robot for cardiac therapy [Internet]. Disponible en: <https://www.cs.cmu.edu/~heartlander/index.html>

corazón mientras está en movimiento permite que se mantenga estable durante la terapia, lo que es crucial para procedimientos precisos como la ablación para la fibrilación auricular o la colocación de marcapasos^{265,266}.

Microsure, una empresa con sede en los Países Bajos, ha desarrollado un sistema quirúrgico avanzado llamado MUSA, diseñado para abordar las limitaciones físicas humanas en la microcirugía. Este robot quirúrgico se destaca por su capacidad para realizar cirugías con una alta precisión, utilizando joysticks que permiten a los cirujanos controlar sus movimientos con una estabilidad y destreza excepcionales. MUSA fue desarrollado en colaboración con ingenieros y cirujanos, y está diseñado para mejorar los resultados en cirugías que requieren una extrema delicadeza, como las intervenciones en nervios y vasos sanguíneos muy pequeños²⁶⁷.

La tecnología de MUSA filtra los temblores involuntarios de las manos del cirujano y escala los movimientos, lo que facilita procedimientos quirúrgicos que serían casi imposibles de realizar con las manos humanas. Este enfoque promete revolucionar el campo de la microcirugía al democratizar el acceso a técnicas quirúrgicas altamente especializadas, permitiendo que más cirujanos puedan realizar intervenciones complejas con resultados más predecibles y consistentes²⁶⁸.

6.2. IBM E IA EN EL SECTOR SALUD

Cuando los pacientes requieren asistencia, no desean (o no pueden) esperar. Dado que los recursos son limitados, la asistencia no siempre está disponible de manera inmediata o durante un plazo de tiempo razonable. Incluso pequeños retrasos pueden generar frustración, sentimientos de aislamiento o agravar ciertas condiciones de salud.

Los chatbots de asistencia sanitaria de IA, como IBM Watson Assistant²⁶⁹, pueden ayudar de dos maneras: manteniendo su tiempo centrado donde es necesario y capacitando a los pacientes que consultan para obtener respuestas rápidas a preguntas simples.

²⁶⁵. Heartlander Surgical. HeartLander Surgical - Home [Internet]. Disponible en: <https://www.heartlandersurgical.com>

²⁶⁶. Carnegie Mellon University. The Next Step - Carnegie Mellon University | CMU [Internet]. Disponible en: <https://www.cmu.edu/homepage/health/2009/winter/the-next-step.shtml>

²⁶⁷. BioWorld. Microsure aims to revolutionize microsurgery with Musa-3 robot [Internet]. Disponible en: <https://www.bioworld.com>

²⁶⁸. ASME. Musa is a robot allowing surgeons to perform at the highest levels of precision ever achieved in the operating room [Internet]. Disponible en: <https://www.asme.org>

²⁶⁹. BM. WatsonX Assistant for Healthcare [Internet]. Disponible en: <https://www.ibm.com/products/watsonx-assistant/healthcare>

IBM Watson Assistant²⁷⁰ se basa en modelos de aprendizaje profundo, AA y PLN para comprender preguntas, buscar las mejores respuestas y completar transacciones mediante la IA conversacional.

6.3. EL FUTURO Y EL POTENCIAL DE LA IA EN EL ECOSISTEMA DE SALUD

El futuro de IA en el ecosistema de salud presenta un potencial transformador que va más allá de la simple implementación de herramientas individuales. A lo largo de este documento, hemos explorado diversas aplicaciones de IA, desde la optimización de la gestión y la automatización administrativa hasta las herramientas específicas para el personal clínico. Sin embargo, para alcanzar un cambio verdaderamente disruptivo en el sistema de salud de Andalucía, es esencial que estas tecnologías no permanezcan aisladas, sino que se integren en un ecosistema coherente y colaborativo.

Imaginemos, por ejemplo, un escenario en el que los millones de datos generados a partir del análisis de imágenes radiológicas no solo se utilicen para diagnósticos precisos, sino que también permitan predecir la demanda de procedimientos médicos. Esto facilitaría la planificación y ajuste de los objetivos de los médicos de atención primaria, asegurando que los recursos se asignen de manera eficiente y se eviten procedimientos innecesarios. Asimismo, estos datos podrían tener un impacto significativo en la salud pública, al identificar de manera temprana una incidencia anormalmente alta de ciertas enfermedades en la población, lo que permitiría una respuesta^{271,272} más rápida y efectiva.

Además, la correcta integración de estos datos también tendría repercusiones en la gestión de recursos humanos, permitiendo dimensionar adecuadamente las plantillas de profesionales según las necesidades reales, optimizando así la operación del sistema de salud. Este *big data*, generado por las distintas aplicaciones de IA, se convertiría en la fuente de información clave para que estas mismas herramientas puedan realizar predicciones más precisas, ajustar los recursos de manera óptima y facilitar el trabajo de todos los actores involucrados en el sistema de salud²⁷³.

²⁷⁰. IBM. WatsonX Assistant [Internet]. Disponible en: <https://www.ibm.com/products/watsonx-assistant>

²⁷¹. Najjar R. Redefining Radiology: A Review of Artificial Intelligence Integration in Medical Imaging. *Diagnostics*. 2023;13(17):2760.

²⁷². Jiang K, Jiang X, Pan J, et al. Current Evidence and Future Perspective of Accuracy of Artificial Intelligence Application for Early Gastric Cancer Diagnosis With Endoscopy: A Systematic and Meta-Analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:809046.

²⁷³. Rodriguez-Ruiz A, Krupinski E, Schilling K, et al. Detection of breast cancer with mammography: effect of an artificial intelligence support system. *Radiology*. 2019;290(2):305-314.

En última instancia, esta integración tecnológica crearía una especie de “segundo cerebro” que acompañaría y potenciaría cada aspecto de la actividad médica y administrativa, apoyando la toma de decisiones de manera más informada y precisa. Este enfoque no solo mejoraría la eficiencia y la efectividad del sistema de salud, sino que también garantizaría una mejor atención a los pacientes y un uso más racional y sostenible de los recursos disponibles.

CAPÍTULO 7. PROPUESTAS DE APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE IA EN LA GESTIÓN SANITARIA EN ANDALUCÍA

7.1. ESTRATEGIA ANDALUZA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL 2023-2030

7.1.1. Contexto y objetivos de la Estrategia Andaluza de IA

La Estrategia Andaluza de Inteligencia Artificial 2023-2030 se inscribe dentro de un esfuerzo integral del Gobierno de Andalucía para posicionarse como líder en transformación digital e innovación tecnológica²⁷⁴. Este plan tiene como objetivo aprovechar la IA como herramienta fundamental para abordar desafíos en múltiples sectores, incluyendo la salud, la educación, el turismo y la administración pública.

La estrategia se organiza en torno a varios ejes principales, como la formación y capacitación, el desarrollo de tecnologías emergentes y la implementación de aplicaciones de IA en servicios públicos. En el sector sanitario, la IA se empleará para mejorar la atención médica a través de aplicaciones que optimicen listas de espera quirúrgica y análisis de imágenes radiológicas, entre otros. Además, la estrategia busca fomentar el desarrollo de startups tecnológicas en IA y convertir a Andalucía en un centro de referencia en Europa para la investigación y desarrollo de estas tecnologías.

El enfoque incluye también la promoción de una IA ética y responsable, con un fuerte componente de colaboración entre el sector público y privado, así como con centros de investigación. Este plan está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Agenda 2030, con el objetivo de hacer de Andalucía una región líder en el ámbito digital

²⁷⁴. Junta de Andalucía. Estrategia Andaluza de Inteligencia Artificial 2030 [Internet]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es>

7.1.2. Aplicaciones específicas basadas en IA para la salud

Generación de pacientes sintéticos: La generación de pacientes sintéticos mediante el uso de redes adversariales generativas (GANs) es una innovación clave dentro de la estrategia. Esta tecnología permite crear perfiles de pacientes artificiales que emulan las características de pacientes reales sin comprometer la privacidad. Esto es particularmente útil para la investigación médica y la formación, ya que permite a los investigadores probar nuevos tratamientos o algoritmos de diagnóstico en un entorno controlado y seguro.

Los datos sintéticos pueden ser utilizados en simulaciones clínicas, pruebas de software de gestión hospitalaria y en el desarrollo de nuevos algoritmos de machine learning. Además, proporcionan una valiosa herramienta para la capacitación de estudiantes y profesionales médicos, permitiéndoles interactuar con casos clínicos realistas sin riesgos para pacientes reales.

Predicción y gestión de recursos sanitarios: La capacidad de predecir la demanda de recursos es esencial para la planificación eficiente de servicios sanitarios. Esto incluye la previsión de necesidades de personal, camas de hospital, medicamentos y equipos médicos. Las herramientas de IA pueden analizar datos históricos y actuales para anticipar tendencias, como aumentos en la demanda durante ciertos períodos (por ejemplo, brotes de gripe) o la distribución geográfica de recursos.

Un ejemplo específico es el uso de algoritmos de IA para predecir picos de pacientes en urgencias, lo cual permite asignar personal y recursos de manera más eficiente. Además, estos sistemas pueden ayudar a optimizar la logística de distribución de medicamentos y equipos, asegurando que los recursos lleguen a donde más se necesitan.

Análisis de datos clínicos y diagnóstico asistido: La estrategia promueve el uso de tecnologías de análisis avanzado de datos, incluyendo AA y aprendizaje profundo para el procesamiento de datos clínicos. Estos sistemas pueden analizar grandes volúmenes de información médica, como historias clínicas, datos genómicos e imágenes médicas, para identificar patrones que podrían pasar desapercibidos para los humanos.

Uno de los casos de uso más prometedores es en el diagnóstico asistido por IA. Por ejemplo, la detección temprana de enfermedades como el cáncer de mama a través del análisis de mamografías. Los sistemas de IA pueden detectar anomalías en las imágenes con una precisión comparable a la de los radiólogos experimentados, pero a una velocidad mucho mayor. Esto no solo mejora la precisión del diagnóstico sino que también libera a los profesionales de tareas repetitivas, permitiéndoles concentrarse en casos más complejos.

Optimización de la atención al paciente

- **Chatbots y asistentes virtuales:** La implementación de chatbots y asistentes virtuales está siendo explorada para mejorar la interacción entre los pacientes y los servicios de salud. Estos sistemas pueden gestionar consultas básicas, programar citas y proporcionar información sobre tratamientos y cuidados preventivos. Además, pueden ofrecer asistencia en tiempo real para emergencias menores, guiando a los pacientes sobre qué pasos seguir o cuándo acudir a un centro médico.

Los beneficios incluyen una mayor accesibilidad y eficiencia en la prestación de servicios, reduciendo la carga sobre el personal médico y mejorando la experiencia del paciente. Sin embargo, es crucial abordar desafíos como la gestión de la privacidad de los datos y asegurar que los sistemas sean inclusivos y accesibles para todas las poblaciones, incluidos los ancianos y las personas con discapacidades.

Proyectos y casos de uso en desarrollo

La estrategia también menciona varios proyectos específicos que ilustran cómo la IA está siendo implementada o explorada en el sector sanitario andaluz:

- **Proyecto PREDUCA:** Aunque inicialmente dirigido al ámbito educativo, este proyecto utiliza técnicas de *big data* y AA para personalizar itinerarios educativos, un concepto que puede ser adaptado para personalizar planes de tratamiento en salud. Al analizar grandes volúmenes de datos, el sistema puede recomendar tratamientos específicos basados en las características individuales del paciente.
- **Sistemas de soporte a la decisión clínica:** Estos sistemas, alimentados por algoritmos de IA, proporcionan apoyo a los médicos en la toma de decisiones clínicas, sugiriendo diagnósticos y tratamientos basados en datos actuales y el historial del paciente. Esto puede mejorar la precisión y consistencia en el cuidado del paciente, especialmente en situaciones complejas o cuando se enfrentan a enfermedades raras.

Consideraciones Éticas y Regulatorias: Un aspecto crucial de la implementación de IA en salud es la consideración ética y la regulación. La estrategia subraya la importancia de desarrollar marcos éticos que guíen el uso de la IA, asegurando la protección de la privacidad de los pacientes y el uso justo y equitativo de estas tecnologías. Se destaca la necesidad de una colaboración estrecha con instituciones reguladoras y de salud para establecer estándares claros y asegurar que las aplicaciones de IA sean seguras y beneficiosas para todos los usuarios.

7.2 ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ECOSISTEMA BASADO EN IA EN LA GESTIÓN SANITARIA DE ANDALUCÍA

7.2.1. Introducción

La implementación de un ecosistema basado en IA en la gestión sanitaria de Andalucía requiere una visión estratégica que abarque los aspectos tecnológicos, organizativos y éticos. Esta visión debe centrarse en la creación de un entorno interconectado y colaborativo, diseñado para maximizar el potencial de la IA en la mejora de la eficiencia, la equidad y la calidad de los servicios de salud. Este capítulo propone una estrategia integral para desarrollar y desplegar un ecosistema de IA en la región, con un enfoque en la gestión sanitaria a nivel macro, garantizando una transformación sostenible y efectiva del sistema de salud.

7.2.2. Situación actual

Andalucía, como muchas otras regiones, enfrenta retos significativos en su sistema de salud, incluyendo una creciente demanda de servicios, limitaciones presupuestarias y la necesidad de integrar tecnologías avanzadas en un entorno tradicionalmente conservador. Aunque la región ha comenzado a explorar el uso de IA en algunas áreas, la falta de un enfoque cohesivo y una infraestructura adecuada impiden un avance significativo.

Fragmentación de datos y sistemas: Actualmente, la fragmentación de los sistemas de información y la falta de interoperabilidad son barreras importantes. Esto no solo limita la eficiencia operativa, sino que también dificulta la implementación de tecnologías de IA que dependen de grandes volúmenes de datos precisos y accesibles.

Capacidades tecnológicas y humanas: Existe una brecha en las capacidades tecnológicas y en la formación del personal sanitario respecto a las tecnologías emergentes. La adopción de IA requiere no solo de infraestructura técnica, sino también de una fuerza laboral capacitada y un cambio cultural hacia la aceptación de estas tecnologías.

Preocupaciones éticas y regulatorias: La implementación de IA en la salud también plantea preocupaciones éticas y regulatorias, particularmente en cuanto a la privacidad de los datos, la transparencia de los algoritmos y la equidad en el acceso a los beneficios de estas tecnologías.

7.2.3. Estrategia para la creación de un ecosistema de IA en Andalucía

Para establecer un ecosistema basado en IA efectivo en la gestión sanitaria de Andalucía, es necesario un enfoque holístico que abarque varios elementos clave:

1. Infraestructura de datos integrada: El primer paso hacia un ecosistema de IA exitoso es la creación de una infraestructura de datos robusta e interoperable. Esto incluye:

- a. Desarrollo de una plataforma unificada de datos de salud: Una plataforma centralizada que integre todos los datos de salud de los pacientes, incluyendo historiales clínicos, datos de imágenes, y otros registros relevantes, asegurando el cumplimiento con las normativas de protección de datos.
- b. Estándares de interoperabilidad: Implementar estándares como HL7 FHIR para asegurar que los sistemas de diferentes proveedores puedan comunicarse y compartir datos eficientemente.

2. Capacitación y cambio cultural:

- a. Formación continua: Establecer programas de formación continuada para el personal sanitario, administrativo y de gestión, enfocándose en competencias digitales, ética en IA y el uso de nuevas tecnologías.
- b. Fomento de una cultura de innovación: Promover un cambio cultural dentro de las instituciones sanitarias, alentando la adopción de nuevas tecnologías y la experimentación con soluciones basadas en IA.

3. Marco ético y regulatorio:

- a. Desarrollo de normativas claras: Crear un marco regulatorio que guíe el uso de IA en la salud, incluyendo directrices sobre la privacidad de datos, la transparencia de los algoritmos y la responsabilidad ética.
- b. Comités de ética y revisión: Establecer comités de ética y revisión para supervisar la implementación de IA, asegurando que las soluciones sean equitativas y que no perpetúen sesgos existentes.

4. Innovación y colaboración:

- a. Centros de innovación en IA: Crear centros regionales de excelencia en IA y salud que actúen como focos de investigación, desarrollo e innovación, en colaboración con universidades, empresas tecnológicas y otros actores relevantes.
- b. Fomento de la colaboración público-privada: Promover alianzas estratégicas entre el sector público, las empresas tecnológicas y las startups para codesarrollar soluciones de IA adaptadas a las necesidades locales.

5. Implementación escalonada y evaluación continua:

- a. **Proyectos piloto:** Iniciar con proyectos piloto en áreas específicas para evaluar la eficacia de las soluciones de IA antes de una implementación a gran escala. Esto permite identificar y mitigar posibles problemas.
- b. **Monitorización:** Establecer sistemas de monitoreo continuo para evaluar el impacto de las tecnologías de IA en la gestión sanitaria, utilizando métricas claras para medir mejoras en la eficiencia, calidad de atención y satisfacción del paciente.

7.2.4. Objetivos estratégicos

01. Establecer una infraestructura de datos interoperable.

- **Meta 1.1:** Lograr una interoperabilidad completa de los sistemas de datos de salud en Andalucía en los próximos cinco años.
- **Meta 1.2:** Desarrollar e implementar una plataforma unificada de datos de salud para el acceso y análisis por parte de sistemas de IA.

02. Capacitar a la fuerza laboral y fomentar el cambio cultural

- **Meta 2.1:** Proporcionar formación en competencias digitales y ética en IA al 100% del personal sanitario en los próximos tres años.
- **Meta 2.2:** Establecer un cambio cultural hacia la innovación tecnológica en todas las instituciones sanitarias de la región.

03. Desarrollar un marco ético y regulatorio sólido

- **Meta 3.1:** Crear un conjunto de directrices regulatorias y éticas para el uso de IA en la salud, alineadas con las mejores prácticas internacionales, dentro de los próximos dos años.
- **Meta 3.2:** Establecer comités de ética para supervisar todas las implementaciones de IA en el sector sanitario andaluz.

04. Fomentar la innovación y la colaboración

- **Meta 4.1:** Crear al menos dos centros de innovación en IA y salud en Andalucía en los próximos cinco años.
- **Meta 4.2:** Establecer acuerdos de colaboración con al menos diez empresas tecnológicas y startups para codesarrollar soluciones de IA.

Tabla 1. Objetivos y metas

Área Estratégica	Descripción	Objetivos	Metas
Infraestructura de Datos Integrada	Desarrollo de una plataforma unificada de datos y estándares de interoperabilidad.	Establecer una infraestructura de datos interoperable.	- Interoperabilidad completa de sistemas de datos en 5 años. - Plataforma unificada de datos de salud en 5 años.
Capacitación y Cambio Cultural	Formación continua y fomento de una cultura de innovación.	Capacitar a la fuerza laboral y fomentar el cambio cultural.	- Formación en competencias digitales y ética en IA para el 100% del personal sanitario en 3 años. - Establecer un cambio cultural hacia la innovación tecnológica.
Marco Ético y Regulatorio	Desarrollo de directrices regulatorias y éticas, y comités de ética.	Desarrollar un marco ético y regulatorio sólido.	- Creación de directrices regulatorias y éticas en 2 años. - Establecimiento de comités de ética para supervisar implementaciones de IA.
Innovación y Colaboración	Creación de centros de innovación y fomento de la colaboración público-privada.	Fomentar la innovación y la colaboración en IA y salud.	- Creación de al menos dos centros de innovación en IA y salud en 5 años. - Establecimiento de acuerdos de colaboración con al menos diez empresas tecnológicas y startups.
Implementación Escalonada y Evaluación Continua	Realización de proyectos piloto y establecimiento de sistemas de monitoreo y evaluación.	Evaluar y ajustar las implementaciones de IA en salud.	- Implementación de proyectos piloto para evaluar la eficacia de las soluciones de IA. - Sistemas de monitoreo y evaluación continua para medir el impacto de IA.

7.3. INTEGRACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE IA EN EL PROYECTO DE ISA

7.3.1. Introducción

El Instituto de Salud de Andalucía (ISA) es una entidad que surge de la integración de dos instituciones clave: la Escuela Andaluza de Salud Pública (EASP) y la Fundación Pública Andaluza Progreso y Salud, junto con componentes de la Secretaría General de Salud Pública e I+D+i en Salud de la Consejería de Salud y Consumo. Esta fusión tiene como objetivo crear una estructura unificada y más eficiente que promueva la investigación, la innovación y el desarrollo en el ámbito de la biomedicina y las ciencias de la salud en Andalucía.

Objetivos del ISA

- 1. Reforzar la investigación biomédica:** El ISA tiene un fuerte compromiso con la promoción de la investigación biomédica. Esto incluye la participación en ensayos clínicos, con un enfoque particular en la Atención Primaria, un área históricamente subrepresentada en la investigación clínica en la región.
- 2. Fomento de la I+D+i en salud:** El instituto busca convertirse en un referente nacional e internacional en investigación e innovación en salud. Esto se logra a través de la colaboración con otros organismos, tanto públicos como privados, y la creación de sinergias que potencien la transferencia de conocimiento.
- 3. Capacitación y formación:** El ISA no solo se centra en la investigación, sino también en la formación de profesionales de la salud, ofreciendo programas de capacitación avanzada y desarrollo profesional continuo, adaptados a las necesidades emergentes en el campo de la salud pública y la biomedicina.
- 4. Optimización de recursos:** Al unificar varias entidades bajo una sola estructura administrativa, el ISA optimiza la utilización de recursos, facilitando la gestión de proyectos y la administración de fondos.
- 5. Innovación en gestión sanitaria:** La institución también se enfoca en la innovación en la gestión sanitaria, incluyendo el uso de tecnologías avanzadas como la IA y el *big data* para mejorar la eficiencia y la efectividad del sistema de salud.

7.3.2. Alianza estratégica y gobernanza

Propuesta: Establecer una alianza estratégica entre el ISA, el Servicio Andaluz de Salud (SAS), y otras entidades públicas y privadas. Esta alianza debería incluir un comité de gobernanza de IA, compuesto por expertos en salud pública, ética, tecnología, y representantes de pacientes.

O1. Asegurar una coordinación efectiva entre las diferentes partes interesadas.

O2. Definir y supervisar la implementación de políticas y directrices de IA.

O3. Garantizar que las iniciativas de IA estén alineadas con las necesidades de la población andaluza y las prioridades de salud pública.

M1. Creación del comité de gobernanza de IA en el primer año.

M2. Desarrollo de una carta de gobernanza y un plan estratégico de IA en salud en 18 meses.

7.3.3. Desarrollo de infraestructura y estándares de datos

Propuesta: Integrar y expandir las plataformas de datos existentes del ISA para incluir una infraestructura de datos de salud unificada que soporte la interoperabilidad de sistemas. Implementar estándares de datos y protocolos de intercambio de información basados en las mejores prácticas internacionales.

O1. Facilitar el acceso seguro y eficiente a los datos de salud.

O2. Permitir la recopilación y análisis de datos en tiempo real para apoyar la toma de decisiones clínicas y de gestión.

M1. Completar la integración de sistemas de datos y la implementación de estándares de interoperabilidad en 3 años.

M2. Establecer un repositorio central de datos de salud accesible para investigación y desarrollo de IA en 4 años.

7.3.4. Capacitación y desarrollo de talento

Propuesta: Lanzar un programa de capacitación integral para el personal del ISA y del SAS, enfocado en competencias digitales, análisis de datos, y ética en IA. Incluir módulos específicos para gestores sanitarios, clínicos, y personal administrativo.

O1. Capacitar al personal para el uso efectivo de herramientas de IA.

O2. Fomentar una cultura de innovación y adaptación al cambio tecnológico en la sanidad pública.

M1. Capacitar al 80% del personal clave del ISA y SAS en los primeros dos años.

M2. Crear una academia virtual de IA en salud para la formación continua y el desarrollo profesional.

7.3.5. Innovación y colaboración público-privada

Propuesta: Establecer un centro de innovación en el ISA dedicado a la investigación y desarrollo de soluciones de IA en salud. Fomentar la colaboración con universidades, startups tecnológicos, y grandes empresas del sector salud y tecnológico.

O1. Catalizar la innovación en IA aplicada a la salud.

O2. Facilitar la transferencia de tecnología y conocimiento entre el sector público y privado.

M1. Lanzar el centro de innovación en el segundo año.

M2. Establecer al menos cinco proyectos colaborativos de I+D en IA en los primeros tres años.

7.3.6. Evaluación y mejora continua

Propuesta: Implementar un marco de evaluación y monitoreo continuo para medir el impacto de las soluciones de IA en la gestión sanitaria. Utilizar indicadores clave de rendimiento (KPI) para evaluar la eficiencia, efectividad y equidad de las implementaciones.

O1. Asegurar que las soluciones de IA cumplan con los estándares de calidad y seguridad.

O2. Adaptar las estrategias y soluciones en función de los resultados obtenidos y los cambios en el entorno.

M1. Publicar informes anuales de evaluación del impacto de la IA en la gestión sanitaria.

M2. Revisar y ajustar la estrategia de implementación cada dos años basándose en los resultados del monitoreo y las evaluaciones.

7.4. IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE ESTRATIFICACIÓN DE RIESGOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE ESPERA QUIRÚRGICOS EN ANDALUCÍA A TRAVÉS DE LA IA

7.4.1. Introducción

Andalucía, como una de las regiones más pobladas de España, se enfrenta constantemente al desafío de proporcionar una atención médica eficaz y oportuna a sus ciudadanos. La gestión de los tiempos de espera quirúrgicos se ha convertido en un tema crítico para el sistema sanitario de la comunidad, ya que la acumulación de pacientes en lista de espera ha generado preocupaciones en términos de acceso a la atención y calidad del servicio. En este contexto, la aplicación de la IA en la gestión de tiempos de espera quirúrgicos se presenta como una oportunidad sin precedentes para abordar estos desafíos y optimizar la atención quirúrgica.

Existen iniciativas exitosas en el NHS del Reino Unido que demuestran cómo la IA puede transformar la atención médica mediante la estratificación de pacientes según su riesgo y necesidad de atención quirúrgica. Un ejemplo destacado es el programa implementado en Cheshire y Merseyside, liderado por NHS Cheshire y

Merseyside, en colaboración con empresas de software como C2-Ai y servicios de salud como Surgery Hero^{275,276}.

Este programa ha utilizado herramientas de IA para evaluar y priorizar a los pacientes en las listas de espera quirúrgicas, basándose en su riesgo de complicaciones y otros factores clínicos. Como resultado, han logrado una asignación más eficiente de los recursos, reduciendo significativamente los tiempos de espera y mejorando la calidad de la atención. Entre los beneficios observados, se destacan la reducción del 27.1% en pacientes que esperaban más de 52 semanas y una disminución del 8% en las admisiones de emergencia desde las listas de espera.

En Andalucía encontramos una oportunidad excepcional para aplicar un enfoque similar y aprovechar las ventajas que la IA para abordar los tiempos de espera quirúrgicos, mejorando así la gestión sanitaria en la región. La diversidad de la población, la complejidad de las condiciones de salud y las necesidades cambiantes de los pacientes requieren un este enfoque innovador, más allá de las medidas tradicionales, de eficacia limitada. La IA ofrece una solución prometedora al permitir una estratificación de riesgos más precisa y una asignación más eficiente de recursos, lo que en última instancia mejoraría la calidad de la atención y la satisfacción del paciente.

Esta propuesta se centra en la implementación de un modelo de estratificación de riesgos basado en IA para optimizar los tiempos de espera quirúrgicos en Andalucía. En las siguientes secciones, se detallarán los objetivos, metodología y beneficios esperados de esta propuesta, con la esperanza de brindar la mejor atención médica en Andalucía.

7.4.2. Objetivos de la propuesta

- | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O1. Implementar un modelo de estratificación de riesgos basado en IA en el sistema de gestión de tiempos de espera quirúrgicos en Andalucía |
| O2. Reducir los tiempos de espera quirúrgicos y el número de pacientes con decreto de garantía superado y mejorar la eficiencia en la asignación de recursos para pacientes en la región |
| O3. Minimizar el riesgo de complicaciones postoperatorias y mejorar la calidad de la atención al paciente |
| O4. Contribuir a la reducción del acumulado de pacientes en lista de espera quirúrgica en hospitales de Andalucía |

²⁷⁵. NHS England — North West. Risk stratification of waiting lists in Cheshire & Merseyside [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.england.nhs.uk/north-west>

²⁷⁶. National Health Executive. Hospitals prioritise patients most in need of surgery and increase capacity with AI [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.nationalhealthexecutive.com>

O1. Implementar un modelo de estratificación de riesgos basado en IA en el sistema de gestión de tiempos de espera quirúrgicos en Andalucía

- **Objetivo:** Introducir un sistema basado en IA que permita la estratificación de pacientes en lista de espera quirúrgica en función de su riesgo y necesidad de atención quirúrgica.
- **Beneficios esperados:**
 - Priorización de pacientes críticos para una atención más rápida y oportuna.
 - Mayor eficiencia en la asignación de recursos y programación de procedimientos quirúrgicos.

Tabla 2. Resumen del objetivo 1

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
1	Implementación de un modelo de estratificación de riesgos basado en IA en la gestión de tiempos de espera quirúrgicos en Andalucía.	Porcentaje de pacientes estratificados de manera efectiva.	6-12 meses
1.1	Desarrollo de algoritmos de IA para la estratificación de pacientes.	Evaluación de la precisión de los algoritmos.	3-6 meses
1.2	Integración del sistema de IA en los hospitales y centros de salud de Andalucía.	Implementación exitosa en al menos tres hospitales piloto.	9-12 meses
1.3	Evaluación continua del sistema y ajustes según sea necesario.	Retroalimentación positiva del personal médico y pacientes.	En curso

O2. Reducir los tiempos de espera quirúrgicos y el número de pacientes con decreto de garantía superado y mejorar la eficiencia en la asignación de recursos para pacientes en la región

- **Objetivo:** Lograr una disminución significativa de los tiempos de espera quirúrgicos y el número de pacientes con decreto de garantía superado en Andalucía y mejorar la gestión de los recursos disponibles.
- **Beneficios esperados:**
 - Reducción de los tiempos de espera para los pacientes en lista quirúrgica.
 - Optimización en la utilización de recursos hospitalarios y del personal.

Tabla 3. Resumen del objetivo 2

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
2	Reducción de los tiempos de espera quirúrgicos y el número de pacientes con decreto de garantía superado y mejora en la asignación de recursos en Andalucía.	Reducción porcentual de los tiempos de espera quirúrgicos. Reducción porcentual del número de pacientes con decreto de garantía superado.	12-18 meses
2.1	Monitorización y reducción de los tiempos de espera y el número de pacientes con decreto de garantía superado quirúrgicos en hospitales.	Evaluación de reducción de tiempos de espera y del número de pacientes con decreto de garantía superado en hospitales piloto.	6-9 meses
2.2	Asignación eficiente de quirófanos y personal médico en función de la demanda.	Incremento de la utilización eficiente de quirófanos.	12-15 meses
2.3	Mejora de la logística de operaciones y recursos hospitalarios.	Evaluación de la eficiencia operativa en hospitales piloto.	9-12 meses

O3. Minimizar el riesgo de complicaciones postoperatorias y mejorar la calidad de la atención al paciente

- **Objetivo:** Garantizar una atención quirúrgica de alta calidad al reducir el riesgo de complicaciones postoperatorias y mejorar la satisfacción del paciente.
- **Beneficios esperados:**
 - Reducción de complicaciones postoperatorias y hospitalizaciones prolongadas.
 - Mayor satisfacción del paciente y resultados de salud positivos.

Tabla 4. Resumen del objetivo 3

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
3	Minimización del riesgo de complicaciones postoperatorias y mejora de la calidad de la atención al paciente en Andalucía.	Reducción porcentual de complicaciones postoperatorias.	12-18 meses
3.1	Implementación de protocolos de atención postoperatoria basados en IA.	Evaluación de la efectividad de los protocolos.	6-9 meses
3.2	Evaluación continua de la calidad de la atención y satisfacción del paciente.	Incremento en la satisfacción del paciente.	En curso

O4. Contribuir a la reducción del acumulado de pacientes en lista de espera quirúrgica en hospitales de Andalucía

- **Objetivo:** Abordar el problema crítico del acumulado de pacientes en lista de espera quirúrgica en Andalucía.
- **Beneficios esperados:**
 - Reducción significativa del acumulado de pacientes en lista de espera quirúrgica.
 - Atención más oportuna y equitativa para los pacientes en Andalucía.

Tabla 5. Resumen del objetivo 4

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
4	Contribución a la reducción del acumulado de pacientes en lista de espera quirúrgica en hospitales de Andalucía.	Reducción porcentual del acumulado de pacientes en lista de espera.	12-24 meses
4.1	Estrategias de gestión y programación quirúrgica basadas en IA.	Evaluación de la efectividad de las estrategias en hospitales piloto.	9-12 meses
4.2	Priorización de pacientes en función de su necesidad y riesgo.	Evaluación de la asignación de pacientes críticos en hospitales piloto.	12-15 meses

7.4.3. Metodología

M1. Adaptar el modelo de estratificación de riesgos
M2. Recopilar un conjunto de datos integral
M3. Desarrollar algoritmos de IA específicos
M4. Implementar un sistema de alerta
M5. Realizar un seguimiento constante y una evaluación

M1. Adaptar el modelo de estratificación de riesgos

- Iniciar el proceso investigando y analizando el modelo de estratificación de riesgos previamente utilizado en la iniciativa de la NHS Cheshire y Merseyside.
- Identificar las características clave del modelo que pueden ser transferibles y aplicables a la realidad de Andalucía.

- Ajustar el modelo para satisfacer las necesidades y características específicas del sistema de salud en Andalucía, considerando la diversidad de la población y las condiciones de salud en la región.

Referencia: Puede basarse en la adaptación de modelos de estratificación de riesgos utilizados en iniciativas similares en el Reino Unido y otras regiones europeas.

M2. Recopilar un conjunto de datos integral

- Colaborar con hospitales, centros de salud y organizaciones de médicas en Andalucía para recopilar datos completos y precisos sobre los pacientes en lista de espera quirúrgica.
- Recolectar información que incluya datos demográficos, condiciones médicas preexistentes, resultados de pruebas, historiales médicos, prioridades clínicas y otros datos relevantes para la estratificación de riesgos.
- Asegurarse de que se cumplan las regulaciones de privacidad y seguridad de datos.

Referencia: Basado en directrices y estándares de recopilación de datos en salud establecidos por la Agencia Española de Protección de Datos y el Ministerio de Sanidad de España.

M3. Desarrollar algoritmos de IA específicos

- Utilizar técnicas de aprendizaje automático y análisis de datos para desarrollar algoritmos específicos de IA.
- Estos algoritmos analizarán y estratificarán a los pacientes en función de su riesgo y prioridad para la atención quirúrgica.
- Asegurar la precisión y la escalabilidad de los algoritmos.

Referencia: Basado en investigaciones académicas y prácticas recomendadas en el desarrollo de algoritmos de IA en el ámbito de la salud, como publicaciones en revistas médicas revisadas por pares y directrices de la OMS.

M4. Implementar un sistema de alerta

- Introducir un sistema de alerta basado en IA que esté integrado en el sistema de salud de Andalucía.

- Este sistema notificará automáticamente al personal médico, cirujanos y especialistas preoperatorios sobre la estratificación de riesgos de los pacientes.
- Las alertas permitirán una asignación más eficiente de recursos y una atención más rápida a los pacientes críticos.

Referencia: Inspirado en sistemas de alerta en salud utilizados en entornos hospitalarios avanzados y publicaciones relacionadas con sistemas de notificación médica.

M5. Realizar un seguimiento constante y una evaluación

- Establecer un proceso de seguimiento continuo para evaluar el impacto del modelo de estratificación de riesgos.
- Medir la reducción de los tiempos de espera quirúrgicos, las complicaciones postoperatorias y la satisfacción del paciente en Andalucía.
- Realizar revisiones y ajustes periódicos según los resultados de evaluación y la retroalimentación del personal médico y los pacientes.

Referencia: Basado en la metodología de evaluación continua en la atención médica recomendada por organizaciones de salud y directrices de mejora de la calidad en España.

7.4.4. Beneficios esperados

1. Priorización más precisa y oportuna de pacientes:

- Reducción de los tiempos de espera quirúrgicos al identificar y priorizar a los pacientes críticos y aquellos con mayor necesidad de atención quirúrgica.
- Mayor satisfacción del paciente al experimentar una atención más oportuna y personalizada.

2. Eficiencia en la asignación de recursos:

- Mejora en la utilización de quirófanos, personal médico y recursos hospitalarios, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa.
- Reducción de costos relacionados con la gestión de pacientes en lista de espera quirúrgica.

3. Reducción de complicaciones postoperatorias:

- Disminución del riesgo de complicaciones postoperatorias al identificar y abordar factores de riesgo específicos en pacientes.

- Menor duración de la estancia hospitalaria y recuperación más rápida para los pacientes.

4. Mayor satisfacción del paciente:

- Aumento de la satisfacción del paciente al experimentar una atención más coordinada, oportuna y personalizada.
- Fomento de la confianza en el sistema de salud y en la atención quirúrgica en Andalucía.

5. Reducción del acumulado de pacientes en lista de espera:

- Contribución significativa a la reducción del acumulado de pacientes en lista de espera quirúrgica en hospitales de Andalucía.
- Mejora en el acceso a la atención quirúrgica para un mayor número de pacientes.

6. Optimización de la gestión hospitalaria:

- Mejora en la gestión de hospitales y centros de salud a través de la implementación de algoritmos de IA y sistemas de alerta.
- Mayor capacidad para adaptarse a las necesidades cambiantes de la población y las condiciones de salud.

7. Mejora en la calidad de la atención:

- Elevación de la calidad de la atención médica al enfocarse en la estratificación de riesgos y la atención personalizada.
- Reducción de la variabilidad en la atención y mejora en los resultados de salud de los pacientes.

8. Avance en la equidad en la atención médica:

- Mayor equidad en el acceso a la atención quirúrgica al priorizar a los pacientes en función de su necesidad y riesgo, independientemente de su origen o condiciones socioeconómicas.
- Reducción de las disparidades en la atención médica en Andalucía.

9. Reducción de costos para el sistema de salud:

- Reducción de costos relacionados con hospitalizaciones prolongadas, complicaciones postoperatorias y recursos subutilizados.
- Mayor eficiencia en la gestión de la atención quirúrgica y la asignación de recursos.

10. Desarrollo de capacidades en IA en el sistema de salud:

- Fomento de la adopción y el conocimiento de la IA en el sistema de salud de Andalucía.
- Potencial para convertirse en un referente en la aplicación de la IA en la gestión de tiempos de espera quirúrgicos.

7.4.5. Conclusión

La implementación de un modelo de estratificación de riesgos basado en IA en la gestión de tiempos de espera quirúrgicos en Andalucía puede suponer un avance importante en la gestión eficiente de los recursos. Al priorizar adecuadamente a los pacientes en función de su riesgo y necesidad de atención quirúrgica, se espera lograr una atención más eficiente, sumado a una gestión más transparente.

Esta propuesta puede ser un paso significativo para mejorar la gestión de tiempos de espera quirúrgicos en Andalucía y brindar una atención médica de mayor calidad, aprovechando el éxito anterior en la aplicación de la IA en la atención médica.

7.5. OPTIMIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS PARA REDUCCIÓN DE LISTAS DE ESPERA EN PRUEBAS DIAGNÓSTICAS MEDIANTE LA IA

7.5.1. Introducción

La gestión eficiente de las listas de espera para pruebas diagnósticas es un desafío crítico que afecta directamente la calidad y la equidad de la atención sanitaria. En Andalucía, como en muchas otras regiones, los tiempos prolongados de espera pueden tener consecuencias graves, incluyendo el retraso en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, lo que a su vez puede llevar a peores resultados de salud y aumentar la carga sobre el sistema sanitario.

Esta propuesta plantea la implementación de herramientas de IA para mejorar la distribución de recursos y reducir significativamente los tiempos de espera en la región. La IA ofrece la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos y hacer predicciones precisas sobre la demanda de pruebas diagnósticas, lo que permite una asignación más eficiente de los recursos disponibles. Al priorizar a los pacientes en función de la urgencia clínica y otros factores relevantes, la IA puede ayudar a garantizar un acceso más rápido y equitativo a las pruebas necesarias.

7.5.2. Objetivos de la propuesta

O1. Desarrollar un modelo predictivo de IA que analice la demanda histórica y prevea las necesidades futuras en pruebas diagnósticas en diferentes áreas de Andalucía

O2. Implementar estrategias de asignación dinámica de recursos para responder eficientemente a las fluctuaciones en la demanda de pruebas diagnósticas

O3. Reducir los tiempos de espera en las listas de espera de pruebas diagnósticas en un porcentaje específico

O1. Desarrollar un modelo predictivo de IA que analice la demanda histórica y prevea las necesidades futuras en pruebas diagnósticas en diferentes áreas de Andalucía

- **Objetivo:** implementar un modelo predictivo basado en IA que analice la demanda histórica de pruebas diagnósticas en diversas áreas de Andalucía. La finalidad es prever las necesidades futuras y facilitar una distribución eficiente de recursos para reducir los tiempos de espera.
- **Beneficios esperados:**
 - Mayor precisión en la planificación de recursos.
 - Reducción de los tiempos de espera en pruebas diagnósticas.
 - Mejora en la eficiencia global del sistema de salud.

Tabla 6. Resumen del objetivo 1

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
1.1	Recopilación y análisis de datos históricos de pruebas diagnósticas en diferentes áreas de Andalucía	Compleción de la recopilación y análisis de datos	2-3 meses
1.2	Identificación de variables clave para el modelo predictivo de IA	Lista de variables identificadas y documentadas	3-4 meses
1.3	Desarrollo del modelo predictivo de IA	Modelo funcional desarrollado	4-6 meses
1.4.	Validación y ajuste del modelo mediante pruebas con datos históricos	Precisión del modelo alcanzando un umbral predeterminado	6-9 meses

O2. Implementar estrategias de asignación dinámica de recursos para responder eficientemente a las fluctuaciones en la demanda de pruebas diagnósticas

- **Objetivo:** desarrollar estrategias basadas en IA para asignar recursos en respuesta a las variaciones en la demanda de pruebas diagnósticas en Andalucía.
- **Beneficios esperados:**
 - Mejora en la utilización eficiente de recursos.
 - Reducción de los tiempos de espera en pruebas diagnósticas.
 - Capacidad de adaptación a las fluctuaciones de la demanda.

Tabla 7. Resumen del objetivo 2

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
2.1	Evaluación de tecnologías de IA para la asignación dinámica de recursos	Selección de tecnologías apropiadas y documentación de evaluación	2-4 meses
2.2	Diseño e implementación de algoritmos de asignación dinámica de recursos basados en IA	Desarrollo e implementación de algoritmos según los requisitos	4-6 meses
2.3	Integración de los algoritmos en el sistema de gestión de recursos	Integración exitosa de los algoritmos en el sistema existente	6-8 meses
2.4.	Evaluación y ajuste continuo de los algoritmos en función de la demanda real	Mejora en la eficiencia de asignación y reducción de tiempos de espera	En curso

O3. Reducir los tiempos de espera en las listas de espera de pruebas diagnósticas en un porcentaje específico

- **Objetivo:** este objetivo tiene como meta reducir los tiempos de espera en las listas de espera de pruebas diagnósticas en Andalucía mediante la implementación de estrategias basadas en IA. El enfoque está en alcanzar una reducción significativa en los tiempos de espera.
- **Beneficios esperados:**
 - Reducción efectiva de los tiempos de espera.
 - Mejora en la satisfacción del paciente.
 - Mayor eficiencia en la gestión de pruebas diagnósticas.

Tabla 8. Resumen del objetivo 3

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
3.1	Análisis de los procesos actuales de las listas de espera de pruebas diagnósticas	Documentación del análisis actual de procesos	2-3 meses
3.2	Identificación de áreas de mejora para la reducción de tiempos de espera	Lista de áreas identificadas y documentación de sugerencias	3-4 meses
3.3	Desarrollo e implementación de intervenciones basadas en IA para la reducción de tiempos de espera	Implementación exitosa de intervenciones propuestas	4-6 meses
3.4.	Monitorización continuo y evaluación del impacto de las intervenciones en la reducción de tiempos de espera	Reducción porcentual alcanzada y mejora continua	En curso

7.5.3. Metodología

M1. Recopilación y análisis de datos históricos de demanda en pruebas diagnósticas en distintas áreas de Andalucía

M2. Desarrollo de algoritmos de AA para prever la demanda futura y asignar recursos de manera eficiente

M3. Implementación de un sistema de gestión que permita ajustes en tiempo real en la asignación de recursos

M1. Recopilación y análisis de datos históricos de demanda en pruebas diagnósticas en distintas áreas de Andalucía

Se realizará la recopilación de datos históricos de demanda de pruebas diagnósticas, abarcando un periodo significativo para capturar patrones estacionales y cambios a lo largo del tiempo.

Los datos se obtendrán de fuentes confiables, como registros hospitalarios, sistemas de información de salud y bases de datos epidemiológicos.

Se utilizarán técnicas de análisis estadístico y visualización de datos para identificar tendencias, variaciones y patrones en la demanda histórica.

La revisión de la literatura científica relacionada con la demanda de pruebas diagnósticas en entornos similares se llevará a cabo para contextualizar los hallazgos y compararlos con estudios previos.

M2. Desarrollo de algoritmos de AA para prever la demanda futura y asignar recursos de manera eficiente

Se utilizarán algoritmos de AA, como modelos de regresión, redes neuronales y métodos de series temporales, para analizar los datos históricos y prever la demanda futura.

Se implementarán técnicas de validación cruzada y ajuste de hiperparámetros para garantizar la precisión y generalización de los modelos.

La identificación de variables predictoras clave se realizará mediante análisis de importancia y contribución de características.

El desarrollo de los algoritmos se llevará a cabo utilizando herramientas y bibliotecas de AA bien establecidas, como scikit-learn y TensorFlow.

M3. Implementación de un sistema de gestión que permita ajustes en tiempo real en la asignación de recursos

Se diseñará e implementará un sistema de gestión centralizado que integre los algoritmos de predicción y permita ajustes en tiempo real en la asignación de recursos.

La arquitectura del sistema se basará en tecnologías escalables y de procesamiento en tiempo real para garantizar una respuesta eficiente.

Se establecerá una interfaz de usuario intuitiva para que los administradores de la salud puedan monitorear y ajustar la asignación de recursos según sea necesario.

La implementación se realizará en colaboración con profesionales de la salud y expertos en tecnología de la información para garantizar la usabilidad y la adaptabilidad del sistema en el entorno de atención médica de Andalucía.

7.5.4. Beneficios esperados

1. Mejora en la eficiencia operativa:

- **Optimización de recursos:** La adaptación de la asignación de recursos a la demanda real permitirá una utilización más eficiente de los recursos disponibles. Esto incluye la asignación adecuada de personal, equipos y materiales en función de la demanda específica de pruebas diagnósticas en diferentes áreas de Andalucía.
- **Reducción de desperdicio:** Al anticipar y responder proactivamente a los patrones de demanda, se reducirá el desperdicio de recursos y se evitará la sobreutilización o subutilización de instalaciones y personal médico.

2. Reducción significativa de los tiempos de espera en las listas de espera de pruebas diagnósticas:

- **Acceso rápido:** La implementación de estrategias basadas en IA permitirá una asignación más eficiente de recursos, reduciendo drásticamente los tiempos de espera para las pruebas diagnósticas.
- **Mejora en la experiencia del paciente:** La disminución de los tiempos de espera se traducirá directamente en una mejora sustancial en la experiencia del paciente, contribuyendo a su satisfacción y bienestar general.
- **Impacto en resultados de salud:** Al reducir los tiempos de espera, se facilitará un diagnóstico más temprano y una intervención oportuna, impactando positivamente en los resultados de salud al prevenir la progresión de enfermedades y mejorar las tasas de recuperación.
- **Aumento de la capacidad de atención:** Con todo lo anterior se aumentará la capacidad general del sistema de atención médica para atender a un mayor número de pacientes, mejorando la accesibilidad y eficacia del sistema de salud en Andalucía.

7.5.5. Conclusiones

La aplicación de la IA en la distribución de recursos para la reducción de listas de espera en pruebas diagnósticas en Andalucía puede tener un impacto positivo en la experiencia del paciente, garantizando un acceso más rápido y eficiente a los servicios de diagnóstico necesarios.

7.6. OPTIMIZACIÓN DE LA TASA DE CESÁREAS MEDIANTE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

7.6.1. Introducción

La tasa de cesáreas es un indicador importante de la calidad y eficiencia en la atención obstétrica. Aunque las cesáreas pueden ser necesarias en ciertos casos, una alta tasa de cesáreas innecesarias puede reflejar prácticas clínicas subóptimas y puede tener implicaciones para la salud materna y neonatal. El uso IA ofrece una oportunidad para optimizar esta tasa, promoviendo la toma de decisiones informadas y basadas en datos, y mejorando así los resultados para las madres y los bebés. Esta sección explora cómo las herramientas de IA pueden ser implementadas para analizar patrones, predecir necesidades y optimizar las prácticas clínicas en el manejo de cesáreas.

7.6.2. Objetivos de la propuesta

O1. Reducción de cesáreas innecesarias

O2. Mejora de los resultados maternos y neonatales

O3. Estandarización de prácticas clínicas

O1. Reducción de cesáreas innecesarias

- **Objetivo:** Este objetivo tiene como meta disminuir la tasa de cesáreas que se realizan sin necesidad médica, utilizando herramientas de IA para apoyar la toma de decisiones clínicas.
- **Beneficios esperados:**
 - Reducción de la tasa de cesáreas innecesarias.
 - Mejora en la salud materna e infantil.
 - Mayor eficiencia en la utilización de recursos hospitalarios.
 - Aumento en la satisfacción de las pacientes.

Tabla 9. Resumen del objetivo 1

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
1.1	Análisis de los casos actuales de cesáreas y sus indicaciones médicas	Documentación del análisis de casos de cesáreas actuales	2-3 meses
1.2	Identificación de patrones y factores de riesgo asociados a cesáreas innecesarias mediante IA	Lista de factores de riesgo y patrones identificados	3-4 meses
1.3	Desarrollo e implementación de herramientas de IA para la evaluación del riesgo y recomendación de parto vaginal	Implementación exitosa de herramientas de IA y su integración en el proceso de toma de decisiones clínicas	4-6 meses
1.4	Monitorización continua y evaluación del impacto de las herramientas de IA en la tasa de cesáreas	Reducción porcentual en la tasa de cesáreas innecesarias y mejora continua	En curso

O2. Mejora de los resultados maternos y neonatales

- **Objetivo:** Mejorar los resultados de salud tanto para las madres como para los recién nacidos mediante la implementación de herramientas de IA que permitan una mejor toma de decisiones clínicas y una atención personalizada durante el embarazo y el parto.

- **Beneficios esperados:**
 - Reducción en la incidencia de complicaciones maternas y neonatales.
 - Mejora en la calidad de la atención prenatal y perinatal.
 - Aumento en la satisfacción de las pacientes y sus familias.
 - Optimización de los recursos médicos y hospitalarios.

Tabla 10. Resumen del objetivo 2

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
2.1	Evaluación de los resultados maternos y neonatales actuales	Documentación y análisis de los resultados actuales	2-3 meses
2.2	Identificación de áreas clave para la intervención basada en IA para mejorar los resultados	Lista de áreas de intervención y recomendaciones de mejora	3-4 meses
2.3	Desarrollo e implementación de modelos predictivos basados en IA para la identificación temprana de riesgos	Implementación exitosa de modelos predictivos en la práctica clínica	4-6 meses
2.4	Monitorización continua y evaluación del impacto de las intervenciones en los resultados maternos y neonatales	Mejora en indicadores clave de salud materna y neonatal, y evaluación continua	En curso

O3. Estandarización de prácticas clínicas

- **Objetivo:** Estandarizar las prácticas clínicas en torno al cuidado perinatal, utilizando herramientas de IA para garantizar una atención consistente. El enfoque está en reducir la variabilidad clínica y asegurar que las mejores prácticas se apliquen de manera uniforme.
- **Beneficios esperados:**
 - Reducción de la variabilidad en las prácticas clínicas.
 - Mejora en la calidad y consistencia de la atención médica.
 - Aumento en la eficiencia de los procesos clínicos.
 - Mejor alineación con las guías clínicas y protocolos establecidos.

Tabla 11. Resumen del objetivo 3

Objetivo	Descripción	Indicador de evaluación	Cronología
3.1	Análisis de la variabilidad actual en las prácticas clínicas entre diferentes centros de salud	Documentación del análisis de variabilidad en las prácticas clínicas	2-3 meses
3.2	Identificación de las mejores prácticas y desarrollo de protocolos estandarizados basados en IA	Lista de mejores prácticas identificadas y protocolos desarrollados	3-4 meses
3.3	Implementación de herramientas de IA para la estandarización y monitorización de las prácticas clínicas	Implementación exitosa de herramientas y protocolos en los centros de salud	4-6 meses
3.4	Monitorización continua y evaluación del impacto de la estandarización en la calidad de la atención	Reducción en la variabilidad y mejora continua en la calidad de la atención	En curso

7.6.3. Metodología

M1. Recolección y análisis de datos

M2. Desarrollo de algoritmos predictivos

M3. Implementación de herramientas de soporte a la decisión clínica

M1. Recolección y análisis de datos

Fuentes de datos relevantes

1. **Historia Clínica Electrónica (HCE):** Datos detallados sobre embarazos, partos, condiciones médicas maternas y neonatales.
2. **Sistemas de información hospitalaria:** Datos sobre tasas de cesáreas, complicaciones asociadas y desenlaces de salud.
3. **Registros de salud materno-infantil:** Información sobre resultados a largo plazo de madres y neonatos.
4. **Encuestas y retroalimentación de pacientes:** Opiniones y experiencias de las pacientes sobre sus partos.

Listado de datos a recopilar

- **Datos demográficos:** Edad, estado civil, paridad, antecedentes obstétricos.

- **Datos clínicos:** Condiciones médicas maternas (e.g., hipertensión, diabetes gestacional), características del embarazo (e.g., presentación fetal, peso estimado del feto).
- **Datos de parto:** Tipo de parto (vaginal, cesárea), motivos para la cesárea, complicaciones durante el parto.
- **Datos de resultados:** Resultados de salud maternos y neonatales, tasas de complicaciones postoperatorias.

M2. Desarrollo de algoritmos predictivos

1. **Análisis exploratorio de datos:** Identificación de patrones y correlaciones en los datos recopilados.
2. **Modelos de predicción:** Desarrollo de modelos de AA para predecir la probabilidad de cesárea basada en factores clínicos y demográficos.
3. **Validación de modelos:** Evaluación de la precisión y fiabilidad de los modelos utilizando datos de prueba, ajustando los parámetros según sea necesario.

M3. Implementación de herramientas de soporte a la decisión clínica

1. **Dashboards interactivos:** Herramientas de visualización de datos que permitan a los profesionales de la salud monitorear las tasas de cesáreas y otros indicadores clave en tiempo real.
2. **Alertas y recomendaciones:** Sistemas que generen alertas cuando una cesárea pueda no estar indicada según los datos del paciente, y ofrezcan recomendaciones para alternativas seguras de parto vaginal.
3. **Capacitación y formación:** Programas para capacitar a los profesionales en el uso de estas herramientas y en la interpretación de los resultados generados por los modelos de IA.

7.6.4. Beneficios esperados

- **Reducción de cesáreas innecesarias:** Al identificar y evitar cesáreas innecesarias, se puede reducir el riesgo de complicaciones para la madre y el bebé, y mejorar los resultados de salud.
- **Estandarización de prácticas clínicas:** La implementación de protocolos basados en datos ayudará a reducir la variabilidad en la práctica clínica, promoviendo una atención más uniforme y basada en evidencia.

- **Mejora de la calidad de atención:** El uso de IA para apoyar la toma de decisiones puede mejorar la calidad de la atención proporcionada a las mujeres embarazadas, asegurando que las decisiones se basen en la mejor evidencia disponible.

7.6.5. Métricas e indicadores

- **Tasa de cesáreas innecesarias:** Comparativa antes y después de la implementación de las herramientas de IA.
- **Resultados maternos y neonatales:** Incidencia de complicaciones, mortalidad materna y neonatal, y otros resultados clínicos.
- **Satisfacción del paciente:** Evaluaciones de la experiencia de las pacientes, incluyendo la percepción de la toma de decisiones y la calidad de la atención.
- **Ahorro de costos:** Reducción en los costos asociados a cesáreas innecesarias y complicaciones postoperatorias.

CAPÍTULO 8. EXPERIENCIAS Y CASOS DE ESTUDIO DE LA IA EN LA GESTIÓN SANITARIA

En los últimos años, la gestión sanitaria ha experimentado profundas transformaciones en su esfuerzo por mejorar tanto la eficiencia operativa como la calidad del cuidado a los pacientes. En este contexto de evolución constante, la IA ha emergido como una herramienta clave, ofreciendo soluciones innovadoras para afrontar los desafíos de un sistema de salud cada vez más complejo y demandante.

Este apartado se enfoca en explorar una serie de estudios de caso y experiencias reales que ilustran la implementación de tecnologías de IA en hospitales, clínicas y sistemas de salud, tanto a nivel internacional como local.

8.1. CASO DE ESTUDIO: HOSPITAL JOHN RADCLIFFE, OXFORD, REINO UNIDO

El Hospital John Radcliffe ha sido pionero en el uso de IA para mejorar la gestión de pacientes y la eficiencia operativa. Uno de los proyectos clave implementados en este hospital ha sido el uso de algoritmos de AA para prever la demanda de camas hospitalarias. Este sistema analiza datos históricos y actuales, incluidos admisiones, altas y traslados, para predecir con precisión las necesidades de camas en diferentes departamentos²⁷⁷.

El sistema utiliza modelos predictivos avanzados, como el aprendizaje de refuerzo y técnicas de optimización basadas en Monte Carlo, para ayudar al personal del hospital a tomar decisiones informadas sobre la asignación de camas. Estos modelos no solo mejoran la eficiencia en la gestión de recursos, sino que también reducen

²⁷⁷. NHS Transformation Directorate. Improving hospital bed allocation using AI [Internet]. Disponible en: <https://transform.england.nhs.uk>

los movimientos innecesarios de pacientes y mejoran su experiencia hospitalaria al asegurarse de que estén en la cama adecuada según sus necesidades específicas²⁷⁸.

Resultados:

- **Reducción del tiempo de espera:** El sistema ha reducido significativamente el tiempo de espera para camas disponibles, mejorando la experiencia del paciente.
- **Optimización de recursos:** Ha permitido una asignación más eficiente de recursos, lo que ha llevado a una reducción de costos operativos.
- **Lecciones aprendidas:** La integración de IA requiere una infraestructura de datos robusta y una colaboración estrecha entre los equipos de tecnología y el personal clínico.

8.2. CASO DE ESTUDIO: CLÍNICA MAYO, ESTADOS UNIDOS

La Clínica Mayo ha implementado un innovador sistema de IA para la detección temprana de enfermedades cardíacas. Este sistema, basado en datos de electrocardiogramas (ECG) y otros signos vitales, permite identificar patrones que indican un mayor riesgo de eventos cardíacos, como ataques al corazón o insuficiencia cardíaca, incluso antes de que los síntomas sean evidentes²⁷⁹.

El sistema de IA analiza las señales eléctricas del corazón capturadas por los ECG, utilizando algoritmos entrenados para detectar patrones que los humanos podrían no percibir. Este enfoque ha demostrado ser efectivo en la detección de enfermedades como la fracción de eyección baja, un precursor de la insuficiencia cardíaca, y otras condiciones cardíacas críticas. De hecho, estudios recientes muestran que este método puede predecir el riesgo de enfermedad coronaria con una precisión significativa, lo que permite una intervención médica más temprana y potencialmente salvadora^{280,281}.

Además, el uso de esta tecnología en entornos comunitarios ha mostrado una gran promesa para mejorar la detección de enfermedades cardíacas, especialmente

²⁷⁸. Tello M, Reich ES, Puckey J, et al. Machine learning based forecast for the prediction of inpatient bed demand. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2022;22:55

²⁷⁹. Mayo Clinic. New study suggests ECG-AI can detect cardiovascular disease risks sooner [Internet]. Mayo Clinic News Network. 2023 Oct 25. Disponible en: <https://newsnetwork.mayoclinic.org>

²⁸⁰. Mayo Clinic. Can AI-enhanced Heart Screening Address Health Disparities? [Internet]. Mayo Clinic Connect. Disponible en: <https://connect.mayoclinic.org>

²⁸¹. Mayo Clinic. Trial demonstrates early AI-guided detection of heart disease in routine practice [Internet]. Mayo Clinic News Network. 2021 May 6. Disponible en: <https://newsnetwork.mayoclinic.org>

en poblaciones desatendidas, donde el acceso a diagnósticos avanzados suele ser limitado.

Resultados:

- **Diagnóstico temprano:** El sistema ha permitido identificar condiciones cardíacas que no eran evidentes para los médicos, facilitando la intervención temprana.
- **Mejora en la precisión diagnóstica:** La precisión en el diagnóstico de enfermedades cardíacas ha mejorado, reduciendo el número de falsos positivos y negativos.
- **Desafíos:** La necesidad de validar continuamente los algoritmos de IA con nuevos datos clínicos para mantener su precisión y relevancia.

8.3. CASO DE ESTUDIO: HOSPITAL UNIVERSITARIO DE TOKIO, JAPÓN

El Hospital Universitario de Tokio ha implementado un sistema de IA para mejorar la gestión de su cadena de suministro. Este sistema utiliza algoritmos avanzados para prever la demanda de medicamentos y suministros médicos, lo que permite optimizar el inventario y reducir el desperdicio. Al analizar tanto datos históricos como en tiempo real, el sistema de IA puede tomar decisiones precisas sobre el inventario, asegurando que los suministros necesarios estén disponibles cuando se necesitan y minimizando los excesos que podrían llevar al desperdicio.

Este tipo de implementación no solo reduce los costos operativos al identificar ineficiencias y cuellos de botella en la cadena de suministro, sino que también mejora la sostenibilidad y la eficiencia general del hospital. Al optimizar la disposición del inventario y prever las necesidades futuras con mayor precisión, el hospital logra un uso más eficiente de sus recursos, lo que contribuye a mejorar los resultados clínicos y la experiencia del paciente^{282,283}.

Resultados:

- **Reducción de costos:** La optimización del inventario ha resultado en una reducción de costos significativa al minimizar el exceso de stock y evitar desabastecimientos.

²⁸². The University Hospital. Tokyo University Hospital Overview [Internet]. Disponible en: <https://www.m.u-tokyo.ac.jp>

²⁸³. Agiliti Health. How to Reduce Supply Chain Waste in Your Hospital [Internet]. Disponible en: <https://www.agilitihealth.com>

- **Mejora en la eficiencia operativa:** Los tiempos de respuesta para reabastecer suministros críticos se han reducido, asegurando que los recursos estén disponibles cuando se necesitan.
- **Lecciones aprendidas:** Es esencial una comunicación clara y continua entre el equipo de IA y el personal de gestión de suministros para adaptar el sistema a las necesidades cambiantes del hospital.

8.4. LECCIONES GLOBALES Y CONSIDERACIONES FUTURAS

El análisis de los casos de estudio presentados en este capítulo revela una serie de lecciones cruciales y plantea consideraciones importantes para el futuro de la IA en la gestión sanitaria. A medida que la IA se integra más profundamente en los sistemas de salud, se destacan varios temas que merecen una discusión detallada.

Una de las lecciones más claras es la necesidad de una infraestructura de datos robusta. Los datos son el combustible que impulsa los sistemas de IA; sin una infraestructura adecuada para recopilar, almacenar y procesar estos datos, los beneficios potenciales de la IA no se pueden realizar plenamente. Esto implica no solo la implementación de sistemas de información avanzados, sino también la estandarización de los datos y la interoperabilidad entre diferentes plataformas y dispositivos.

En muchos de los casos estudiados, se observó que los desafíos relacionados con la calidad y consistencia de los datos podían limitar la efectividad de las soluciones de IA. La inversión en infraestructura de datos debe ir acompañada de un enfoque sistemático para la gestión de datos, incluyendo la gobernanza de datos, la seguridad, y la protección de la privacidad.

La colaboración interdisciplinaria es otra lección clave. La implementación de IA no es solo un desafío tecnológico; también es un desafío organizacional y cultural. Los proyectos exitosos de IA en los hospitales y sistemas de salud suelen ser el resultado de una estrecha colaboración entre tecnólogos, clínicos, y administradores. Cada grupo aporta perspectivas y conocimientos únicos que son esenciales para adaptar la tecnología a las necesidades específicas del entorno sanitario. Por ejemplo, los clínicos pueden identificar áreas donde la IA puede agregar valor y proporcionar datos contextuales que mejoren los algoritmos, mientras que los tecnólogos pueden ajustar las soluciones para asegurar que sean viables y efectivas. La comunicación y la formación continua son esenciales para superar las barreras de adopción y garantizar que todos los actores estén alineados en cuanto a los objetivos y expectativas del proyecto.

Además, es fundamental considerar la adaptación y escalabilidad de las soluciones de IA. Los sistemas de salud son entornos complejos y en constante evolución, lo que significa que las soluciones tecnológicas deben ser flexibles y escalables para adaptarse a nuevos desafíos y oportunidades.

Los casos de estudio muestran que las soluciones de IA exitosas son aquellas que pueden ser ajustadas y ampliadas para cubrir un espectro más amplio de necesidades a medida que evolucionan los conocimientos y tecnologías. Por ejemplo, un sistema de IA inicialmente diseñado para optimizar la gestión de camas en un hospital puede necesitar adaptarse para manejar también la gestión de recursos en respuesta a una pandemia o un aumento repentino en la demanda de servicios de salud.

La cuestión de la ética y la privacidad es otra consideración crítica que emerge de estos estudios. La IA tiene el potencial de manejar grandes cantidades de datos personales y sensibles, lo que plantea importantes preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos. Además, la transparencia en cómo se utilizan los datos y se toman las decisiones basadas en IA es fundamental para mantener la confianza de los pacientes y el público. Los marcos regulatorios deben evolucionar para abordar estos desafíos, asegurando que las innovaciones tecnológicas se implementen de manera responsable y ética. Esto incluye la necesidad de auditorías y evaluaciones continuas de los algoritmos de IA para prevenir sesgos y asegurar que las decisiones basadas en IA sean justas y equitativas.

CAPÍTULO 9. PARTICIPACIÓN DEL PACIENTE Y CAMBIO CULTURAL EN LA GESTIÓN SANITARIA CON IA

La incorporación de la IA en la gestión sanitaria está catalizando una transformación sin precedentes en la manera en que los pacientes interactúan con su propio cuidado y en cómo los sistemas de salud se organizan y funcionan. Este capítulo se sumerge en un análisis exhaustivo de esta revolución, desentrañando no solo las oportunidades prometedoras que emergen, sino también los desafíos complejos y multifacéticos que acompañan la integración de estas tecnologías avanzadas en la atención médica.

La IA no solo está alterando la dinámica tradicional de la relación médico-paciente, sino que también está redefiniendo los roles y responsabilidades de cada actor dentro del sistema sanitario. Al automatizar procesos y ofrecer diagnósticos y tratamientos personalizados, la IA permite a los pacientes asumir un papel más activo y empoderado en su cuidado. Sin embargo, esta mayor autonomía plantea preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la relación médico-paciente, desafiando la confianza y la comunicación que han sido pilares de esta interacción durante siglos.

El impacto cultural de la IA dentro de las instituciones sanitarias también es profundo. Las tecnologías avanzadas están provocando un cambio en las prácticas y valores tradicionales, requiriendo una adaptación no solo tecnológica, sino también humana y organizacional. Este cambio cultural puede generar tensiones, ya que los profesionales de la salud deben equilibrar la adopción de nuevas herramientas con la preservación de la ética y el trato humanizado.

En cuanto a los desafíos éticos y de equidad, la implementación de la IA en salud levanta cuestiones críticas. La posibilidad de que se perpetúen o incluso se

exacerben desigualdades preexistentes es un riesgo real, especialmente si el acceso a estas tecnologías no se distribuye de manera justa. Además, la toma de decisiones automatizada por algoritmos plantea dilemas éticos sobre la responsabilidad, la transparencia y el consentimiento informado.

9.1. PARTICIPACIÓN DEL PACIENTE. MÁS QUE UN CAMBIO TECNOLÓGICO

La IA está provocando una reconfiguración profunda en la manera en que los pacientes se integran en el sistema de salud, trascendiendo el ámbito tecnológico para convertirse en un cambio cultural de gran calado. Tradicionalmente, los pacientes han sido espectadores pasivos en el proceso de atención médica, donde la información y las decisiones han sido prerrogativas casi exclusivas de los profesionales de la salud. Sin embargo, la irrupción de herramientas potenciadas por IA ha democratizado el acceso a la información, permitiendo que los pacientes asuman un rol más activo y empoderado en la gestión de su salud.

El impacto de esta transformación es evidente en la proliferación de aplicaciones móviles y plataformas de salud digital que, con la ayuda de la IA, permiten a los pacientes monitorear en tiempo real sus condiciones de salud. Desde el manejo de enfermedades crónicas como la diabetes, mediante el monitoreo continuo de glucosa, hasta el seguimiento de parámetros de bienestar general como la actividad física y el sueño, estos avances tecnológicos están revolucionando la autogestión de la salud. Los pacientes ahora tienen la capacidad de tomar decisiones más informadas y adoptar un enfoque proactivo en su cuidado.

Sin embargo, este empoderamiento no está exento de desafíos significativos. La abundancia de información, si no se maneja adecuadamente, puede resultar en una sobrecarga que, en lugar de capacitar al paciente, lo deja abrumado y confundido. La interpretación de los datos de salud no siempre es intuitiva, y la falta de comprensión adecuada puede conducir a malentendidos o decisiones erróneas si no se cuenta con la orientación adecuada de los profesionales de la salud.

Esta situación plantea una cuestión fundamental: ¿Están los pacientes realmente preparados para asumir este rol más activo? ¿Qué tipo de apoyo es necesario para que puedan hacerlo de manera efectiva y segura? La respuesta a estas preguntas no solo determinará el éxito de la integración de la IA en la salud, sino que también influirá en la evolución de la relación entre pacientes y profesionales, en donde la colaboración y la codecisión podrían convertirse en nuevos pilares del cuidado sanitario. Así, la verdadera transformación no solo radica en el acceso a herramientas avanzadas, sino en la creación de un entorno donde los pacientes estén equipados, tanto en conocimientos como en apoyo, para navegar de manera eficaz y responsable en esta nueva era de la salud digital.

9.2. CAMBIO EN LA RELACIÓN MÉDICO-PACIENTE. DEL PATERNALISMO A LA COLABORACIÓN

La relación entre médicos y pacientes está experimentando una transformación significativa bajo la influencia de la IA, marcando una transición desde el tradicional modelo paternalista hacia un enfoque más colaborativo y dinámico. Durante mucho tiempo, esta relación se ha caracterizado por una asimetría en la toma de decisiones, donde los médicos, armados con su conocimiento y experiencia, asumían el papel principal en la determinación de los tratamientos, mientras que los pacientes seguían sus recomendaciones. Sin embargo, la irrupción de la IA está redefiniendo estos roles y estableciendo nuevas formas de interacción.

Hoy en día, los médicos cuentan con herramientas de IA que les permiten acceder a recomendaciones basadas en grandes volúmenes de datos y análisis avanzados. Desde diagnósticos más precisos hasta recomendaciones de tratamiento personalizadas, este enfoque basado en la evidencia tiene el potencial de mejorar tanto la precisión como la eficiencia de la atención médica. No obstante, surge una cuestión crucial: ¿hasta qué punto deberían estas recomendaciones basadas en IA guiar la toma de decisiones clínicas?

Aunque los datos proporcionados por la IA son valiosos, es imperativo que se integren de manera equilibrada con el contexto individual de cada paciente, que incluye no solo su historial médico y condiciones actuales, sino también sus preferencias, valores personales y circunstancias únicas. La experiencia clínica del médico sigue siendo un componente esencial para interpretar estos datos y tomar decisiones que consideren al paciente como un todo, más allá de los números y las estadísticas.

Además, la creciente dependencia de la tecnología en la consulta médica plantea desafíos en cuanto a la calidad de la interacción humana. A medida que los médicos invierten más tiempo en interactuar con dispositivos y sistemas tecnológicos, podría disminuir el tiempo dedicado a la comunicación cara a cara con los pacientes, lo que es fundamental para construir una relación de confianza y comprensión mutua. Este aspecto es particularmente crucial en situaciones delicadas, como la entrega de diagnósticos graves o la toma de decisiones al final de la vida, donde el apoyo emocional y la empatía no pueden ser reemplazados por ninguna tecnología.

En última instancia, la evolución de la relación médico-paciente en la era de la IA no debería verse como una simple sustitución de la interacción humana por la tecnología, sino como una oportunidad para enriquecer y profundizar esta relación. La clave estará en encontrar un equilibrio donde la tecnología potencie la capacidad de los médicos para ofrecer un cuidado más personalizado y efectivo, sin sacrificar el aspecto humano y empático que es central para la experiencia del paciente.

9.3. CAMBIOS CULTURALES EN EL SISTEMA DE SALUD. ADAPTACIÓN Y RESISTENCIA

La integración de la IA en las instituciones sanitarias está catalizando un cambio cultural profundo y complejo. Para aprovechar al máximo los beneficios que la IA puede ofrecer, no basta con capacitar al personal sanitario en el uso de estas nuevas tecnologías; es igualmente crucial que se fomente una mentalidad receptiva al cambio y la innovación. Sin embargo, este proceso de adaptación es multifacético y puede encontrar obstáculos significativos.

El personal sanitario experimenta una amplia gama de emociones y actitudes hacia la IA, desde el entusiasmo por las nuevas posibilidades hasta el miedo y la desconfianza ante el cambio. Algunos profesionales pueden temer que la IA reduzca su autonomía o incluso que llegue a reemplazar ciertas funciones humanas. Este temor no es del todo infundado, dado que la automatización y la toma de decisiones algorítmicas tienen el potencial de desplazar tareas tradicionales. Sin embargo, es fundamental resaltar que la IA también puede liberar a los profesionales de la salud de tareas rutinarias, permitiéndoles concentrarse en aspectos más complejos y humanos de la atención, como la educación del paciente, la comunicación, y el apoyo emocional, que son insustituibles por la tecnología.

La adopción de la IA en el entorno sanitario no es un simple proceso técnico, sino un desafío cultural que requiere una reestructuración de la forma en que los profesionales ven y se relacionan con la tecnología. La resistencia al cambio es una reacción natural cuando se percibe una amenaza a los roles tradicionales, pero también ofrece una oportunidad para reimaginar y redefinir estos roles. La IA puede y debe ser vista como una herramienta que amplifica las capacidades humanas, en lugar de competir con ellas.

Además, la adaptación exitosa a la IA exige una inversión considerable en formación y educación continua. No se trata solo de adquirir habilidades técnicas, sino de aprender a integrar de manera efectiva la tecnología en la práctica clínica diaria, garantizando que se utilice de forma segura, eficiente y centrada en el paciente. Los programas de capacitación deben abordar no solo el uso de la tecnología, sino también la ética, la toma de decisiones informadas, y la preservación de la relación humano-paciente en un entorno cada vez más digital.

Este cambio cultural también implica la necesidad de liderazgo dentro de las instituciones sanitarias, que debe ser proactivo en promover una visión positiva de la IA y en apoyar a los profesionales en esta transición. Al cultivar un entorno donde la innovación se valore y se integre de manera colaborativa, las instituciones de salud pueden no solo superar la resistencia al cambio, sino también liderar un avance hacia un modelo de atención más eficiente, equitativo y humano.

9.4. DESAFÍOS ÉTICOS Y EQUIDAD

La adopción de la IA en la gestión sanitaria introduce desafíos éticos y de equidad que requieren una atención rigurosa y un enfoque proactivo. Uno de los aspectos más críticos es la gestión de los datos de salud personales, que, al ser recopilados y utilizados en grandes volúmenes, plantean serias preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad. La protección de estos datos no es solo una cuestión técnica, sino una responsabilidad ética fundamental. Los sistemas de salud deben implementar medidas de seguridad robustas que prevengan el acceso no autorizado y el uso indebido de la información sensible de los pacientes. Además, es imprescindible que exista una transparencia total en los procesos algorítmicos, de manera que tanto los pacientes como los profesionales de la salud comprendan cómo se toman las decisiones basadas en IA y cuáles son las implicaciones de esas decisiones en la atención médica.

La transparencia no solo fortalece la confianza en el sistema, sino que también permite una toma de decisiones más informada y consciente por parte de los pacientes y sus médicos. Los algoritmos, aunque potentes, no son infalibles y pueden reflejar sesgos inherentes a los datos con los que fueron entrenados. Por lo tanto, es esencial que los usuarios puedan entender los fundamentos de las recomendaciones algorítmicas y que existan mecanismos para cuestionar y revisar estas decisiones cuando sea necesario.

En términos de equidad, la integración de la IA en la atención sanitaria corre el riesgo de profundizar las desigualdades existentes si no se gestiona con cuidado. La brecha digital, las barreras económicas y la falta de alfabetización digital son factores que pueden limitar el acceso de ciertos grupos a los beneficios de estas tecnologías. Por ejemplo, en áreas rurales o en comunidades de bajos ingresos, el acceso a dispositivos digitales y a internet de alta calidad puede ser limitado, lo que impide a los pacientes aprovechar las herramientas de salud impulsadas por IA. Asimismo, la alfabetización digital varía significativamente entre diferentes grupos demográficos, lo que puede afectar la capacidad de algunos pacientes para utilizar eficazmente estas herramientas.

Para mitigar estos riesgos, los sistemas de salud deben implementar estrategias inclusivas que aseguren que los avances tecnológicos sean accesibles para todos. Esto podría incluir programas de formación en competencias digitales, subvenciones para el acceso a tecnología, y la adaptación de las herramientas de IA para que sean más intuitivas y fáciles de usar, independientemente del nivel educativo del usuario. Además, se deben establecer políticas que promuevan la equidad en la distribución de recursos tecnológicos, asegurando que los pacientes más vulnerables no queden excluidos de los beneficios potenciales de la IA.

En conclusión, la adopción de la IA en la gestión sanitaria ofrece oportunidades sin precedentes para mejorar la calidad de la atención, pero también plantea desafíos éticos y de equidad que no pueden ser ignorados. La clave para una implementación exitosa radica en abordar de manera integral las cuestiones de privacidad, seguridad, transparencia y equidad. Solo mediante un compromiso firme con estos principios será posible garantizar que la IA contribuya a un sistema de salud más justo, accesible y efectivo para todos.

ISBN: 978-84-8333-732-5



9 788483 337325