



DIPLOMATURA EN GESTIÓN Y DISEÑO DE EDIFICIOS PARA LA SALUD 1

Directora: Arq. María Elvira Contreras

Coordinación Académica: Arq. José Turniansky

Organizan:

Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH)

Universidad del Gran Rosario (UGR)

TRABAJO FINAL

**“EL AVANCE DE LA ROBÓTICA Y LA INTELIGENCIA
ARTIFICIAL EN SALUD, SU IMPACTO EN EL SISTEMA”**

Arq. CINTIA AYLEN, YIP GRANE

Arq. BELKIS VIVIANA, FANTIN

Noviembre – 2024

Buenos Aires, Argentina

ÍNDICE

1. Introducción

2. Definición de IA y Robótica

2.1- Conceptos básicos de IA 4

2.2- Conceptos básicos de Robótica..... 5

3. IA y Robótica en la medicina

3.1- Principios y su evolución..... 6

3.2- IA y Robótica en las ciencias médicas..... 8

3.3- IA y Robótica en los establecimientos sanitarios..... 14

3.3.1- Smart UCI: solución para los cuidados intensivos..... 16

3.3.2- Flujo de pacientes 16

3.3.3- Experiencia del paciente..... 17

3.3.4- Gemelos digitales para la atención sanitaria18

3.4- Ventajas y desventajas 19

4. Aplicación actual de la IA en salud

4.1- Hospital del futuro 22

4.1.1- Áreas de impacto 22

4.2- Inteligencia Artificial en las operaciones hospitalarias 26

4.3- Obstáculos en la implementación de IA: transformación cultural y digitalización de procesos 27

4.4- IA en Gestión Hospitalaria: impacto en áreas productivas clave para el hospital 28

4.5- Ejemplos en Argentina..... 29

4.5.1- Hospital General de Agudos Rene Favaloro..... 29

4.5.2- Hospital Italiano.....	29
4.5.3- Instituto Fleni	30
4.5.4- Hospital Garrahan	31
4.5.5- Robot Da Vinci Xi	32
4.5.6- El robot “Rosa” del Sanatorio de la Trinidad Palermo	34
4.6- Ejemplos a nivel mundial	35
4.6.1- Clínica Universitaria de Navarra, España.....	35
4.6.2- Centro Médico Sheba, Israel.....	36
4.6.3- Hospital Israelita Albert Einstein, San Pablo, Brasil.....	37
5. Una mirada a los Quirófanos	
5.1- Clasificación de quirófanos.....	38
5.2- Quirófanos inteligentes.....	43
5.2.1- Sistema de soporte de equipamiento y suministro.....	44
5.2.2- Equipo biomédico.....	45
5.2.3- Sistema de Control, Gestión e Integración.....	46
5.2.3.1- Sistema de control.....	46
5.2.3.2- Sistema de gestión.....	47
5.2.3.3- Sistema integral.....	48
5.3- Quirófanos híbridos.....	48

6. Conclusiones

7. Bibliografía

1- Introducción

Esta monografía es el trabajo final de la Diplomatura en Gestión y Diseño de edificios destinados para la salud que desarrolla la Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria (AADAIH) junto con la Universidad del Gran Rosario, Argentina (UGR).

El desarrollo de la tecnología, la introducción de los mecanismos Smart, telecomunicaciones 5/6G, realidad aumentada, big data, etc.; sin duda marcan un nuevo camino a recorrer que necesariamente obligará a repensar procesos, equipamientos, reconversión de los edificios y los RRHH en el sector salud.

El proceso ya está en marcha en el mundo, con diferentes niveles de avances que son el producto de la diversidad, la localización, las políticas, los grupos sociales, y los factores económicos, pero que inexorablemente llegará.

Como arquitectos nos interesa investigar cuáles son los procesos, experiencias y aspectos relevantes relacionados con el desarrollo de la innovación en marcha, en las instituciones de salud en diferentes regiones del mundo, para luego reunir información de lo que sucede en nuestro país.

Considerando que el campo de acción de la IA y la robótica es extremadamente amplio y continúa ganando espacio cada día; puesto que abarca, desde la gestión de las instalaciones del edificio mismo, a fin de hacerlo más sustentable y seguro, el uso predictivo de simuladores 3D a fin de optimizar el diseño arquitectónico, la gestión de la información médica de pacientes y prestadores, el diagnóstico de casos médicos y sus posibles tratamientos, el seguimiento de los cuidados y administración de fármacos al paciente, como asistente quirúrgico, entre otros.

En primer lugar, realizaremos definiciones y descripciones de conceptos como IA y robótica, el proceso de su utilización en salud, y su aplicación actual en la medicina.

Posteriormente, analizaremos el uso de la inteligencia artificial y la tecnología robótica en los establecimientos sanitarios, con ejemplos a nivel nacional e internacional. Además, analizaremos los quirófanos, y cómo de la incorporación de estas nuevas herramientas surgen los llamados “quirófanos inteligentes”.

2- Definición de IA y Robótica

2.1- Conceptos básicos de IA

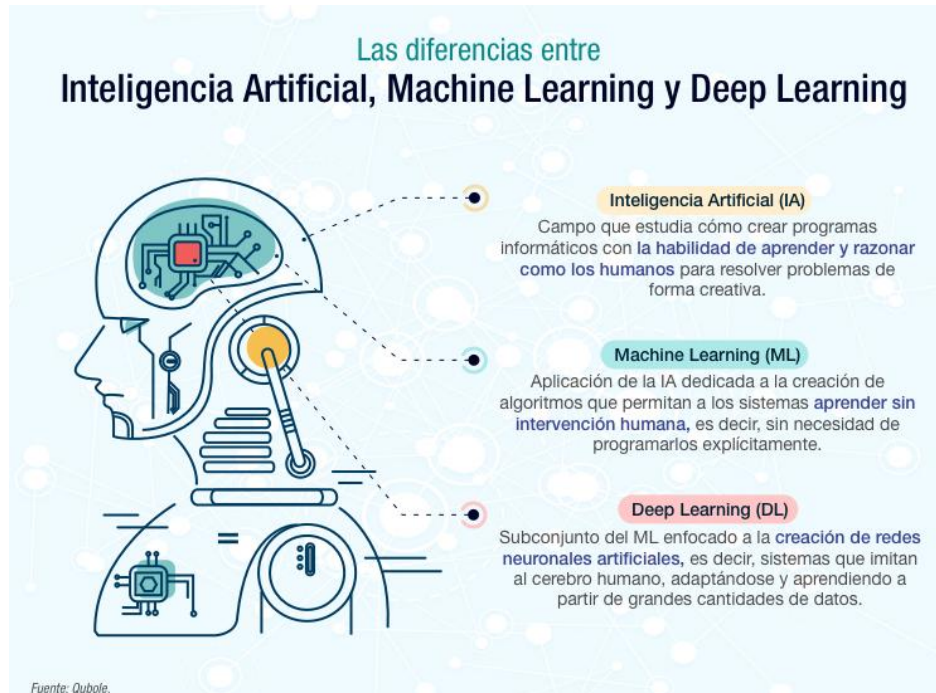
La Inteligencia Artificial (IA) es un campo interdisciplinario que engloba varias áreas de estudio, como la informática, la neurociencia, la psicología, la filosofía y la lingüística. Su objetivo principal es desarrollar sistemas y máquinas capaces de realizar tareas que, normalmente, requieren de la inteligencia humana. Esto incluye la capacidad de comprender el entorno, procesar información, razonar sobre esa información, aprender de experiencias pasadas y, en algunos casos, tomar decisiones autónomas.

En este sentido, la IA en el campo de la salud se refiere a la aplicación de algoritmos y técnicas que tratan de imitar las capacidades cognitivas humanas, permitiendo el desarrollo de herramientas capaces de aprender a extraer conclusiones de grandes volúmenes de datos, contribuyendo a la resolución de problemas complejos del sector sanitario.

En los últimos años, el auge se ha visto impulsado por la disponibilidad de enormes cantidades de datos digitalizados, como historias clínicas electrónicas, imágenes médicas digitalizadas, aplicaciones de salud y dispositivos portátiles (wearables). Estos datos pueden ser analizados de manera automatizada por algoritmos cada vez más sofisticados, como las redes neuronales artificiales y el aprendizaje profundo deep learning, gracias a la creciente potencia de los recursos y las tecnologías computacionales.

La IA en medicina ofrece diversas aplicaciones, entre las que se incluyen:

- **Diagnóstico y detección temprana:** Herramientas de IA pueden analizar imágenes médicas, como radiografías y resonancias magnéticas, para identificar signos de enfermedades como el cáncer de mama, con una precisión comparable a la de los radiólogos humanos.
- **Tratamientos personalizados:** La IA permite diseñar terapias adaptadas a las características individuales de cada paciente, basándose en datos genómicos y médicos, lo que mejora la eficacia de los tratamientos.
- **Monitoreo y seguimiento:** Dispositivos inteligentes y aplicaciones de salud pueden recopilar datos en tiempo real sobre el estado de salud de los pacientes, permitiendo un seguimiento continuo y la detección temprana de complicaciones.
- **Investigación y desarrollo de medicamentos:** La IA facilita el análisis de grandes volúmenes de datos para identificar nuevas dianas terapéuticas y acelerar el proceso de descubrimiento de fármacos.



Fuente: <https://datateam.mx/definicion-de-inteligencia-artificial-machine-learning-y-deep-learning/>

2.2- Conceptos básicos de Robótica

La robótica es el conjunto de ciencias orientadas al diseño, producción y empleo de robots para tareas normalmente destinadas a humanos. El avance de las nuevas tecnologías ha hecho posible la aplicación de la robótica a diferentes sectores entre ellos la **medicina**.

En este sentido, la **robótica en la medicina** consiste en la implementación de máquinas automatizadas para el desarrollo de funciones médicas tales como la cirugía, la asistencia sanitaria o las terapias de rehabilitación, entre muchas otras. El **objetivo de la robótica en medicina** es facilitar el trabajo de sanitarios, cirujanos y profesionales del sector en general, maximizando la precisión de los procesos como operaciones o cirugías y minimizando las limitaciones y deficiencias del ser humano.

Existe una gran variedad de enfoques en cuanto a su clasificación por lo que aquí desarrollaremos una clasificación más general para la robótica médica, éstos se podrían dividir 3 clases principales:

- 1 - dispositivos médicos que incluyen dispositivos robóticos de cirugía, dispositivos de diagnóstico y administración de medicamentos
- 2- robótica de asistencia que incluye robots portátiles y dispositivos de rehabilitación.

3- robots que imitan el cuerpo humano, incluidas prótesis, órganos artificiales y simuladores de partes del cuerpo.

A su vez según sus aplicaciones en dos grupos principales:

A- Robótica para ayudar a los médicos cirujanos, incluye robótica para cirugía, exploración, diagnóstico y terapia.

B- Robótica para ayudar a los pacientes con problemas de salud, todas las tecnologías de asistencia como los robots que mejoran la calidad de vida de las personas con discapacidad y mayores. Por otro lado, las herramientas de terapia asistida por robótica son utilizadas por personas con trastornos motores causados por un accidente cerebrovascular o enfermedades de la médula espinal.

Los de robótica para ayudar a médicos según su escala se podrían subdividir en 3 grupos

A1- **macro robótica**: incluye manipuladores para cirugía y rehabilitación y sillas de ruedas.

A2- **micro robótica**: dispositivos robóticos para cirugía mínimamente invasiva (MIS), como lo son las herramientas mecatrónicas para cirugía convencional

A3- **Bio robótica**: se ocupa de la simulación de sistemas biológicos para proporcionar una mejor comprensión de la fisiología humana.

3- IA y Robótica en la medicina

3.1- Principios y su evolución

El origen de la robótica en medicina se remonta al año 1985, cuando el brazo robótico PUMA 560 se utilizó por primera vez para realizar una neurocirugía de forma exitosa. Este mismo robot años posteriores fue utilizado para la realización de cirugías poco invasivas, y en 1987 llevó a cabo una resección transuretral.

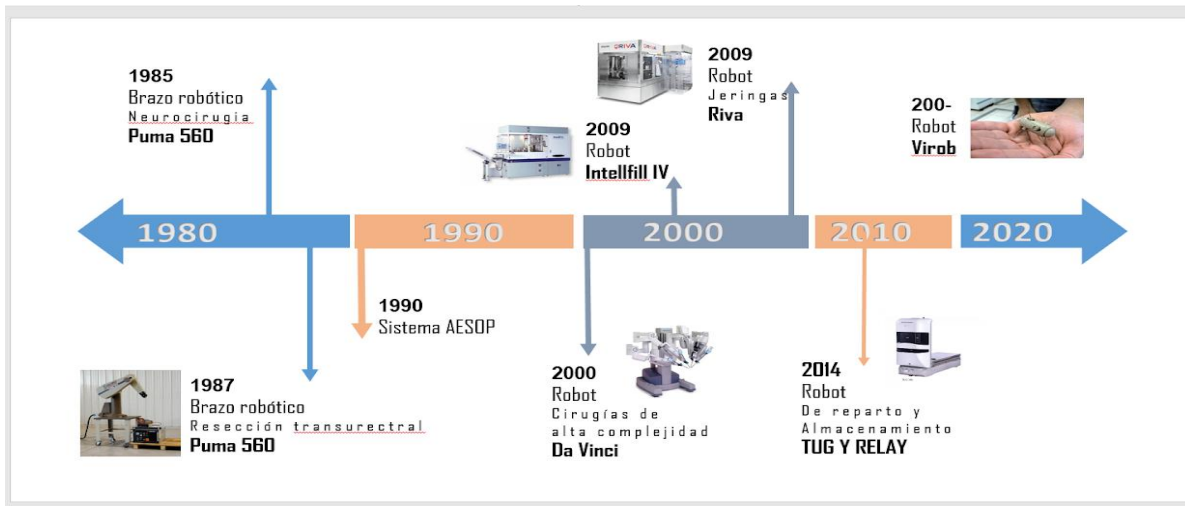


Fuente: https://www.researchgate.net/figure/PUMA-560-robot-in-the-experiment_fig5_244991904

Poco después, en 1990, el sistema AESOP (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning) se convirtió en el primer robot aprobado por la FDA, el organismo que regula en Estados Unidos el uso de alimentos, medicamentos, aparatos médicos, productos cosméticos y biológicos u otros derivados sanguíneos.

Un mayor avance de la robótica en la medicina se produjo en el año 2000, cuando salió a la luz el robot Da Vinci, el primer sistema aprobado por la FDA para la realización de cirugías de complejidad media. Este robot, con las debidas actualizaciones, todavía se utiliza hoy en día.

Desde entonces, la robótica aplicada a la medicina no ha dejado de evolucionar y hoy en día se utiliza en diferentes ámbitos médicos.



Fuente: Elaboración propia evolución en el tiempo de los robots.

Estos primeros robots quirúrgicos eran grandes y voluminosos, lo que dificulta su uso en el quirófano. Actualmente, los **robots quirúrgicos se han vuelto más compactos y ergonómicos**, facilitando su integración en los entornos quirúrgicos.

Hoy se realizan **cirugías mínimamente invasivas**, utilizando técnicas como la laparoscopia y la cirugía asistida por robot. Permitiendo así, incisiones más pequeñas, menos dolorosas y por ende una recuperación más rápida para los pacientes.

La inteligencia Artificial en salud tiene sus orígenes por los años 1970, cuando una investigación creó un sistema de expertos (es un sistema informático que copia la capacidad de toma de decisiones experta de un humano) llamado **MYCIN** que se utilizó para identificar bacterias que causaban infecciones graves, como la meningitis y la bacteriemia, también para el diagnóstico de enfermedades de coagulación sanguínea el cual razonaba y se comunicaba con el usuario, recetaba medicación en forma personalizada (según su estatura, peso, etc.) a cada paciente.

Hoy los algoritmos de IA pueden **analizar grandes cantidades de datos médicos** (imágenes, videos, historias clínicas) **y proporcionar recomendaciones precisas durante el procedimiento quirúrgico**, dando origen a una nueva infraestructura, como por

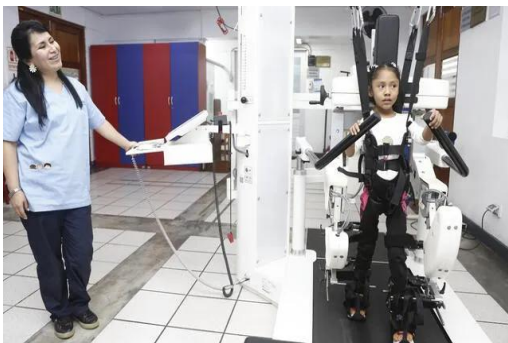
ejemplo los **“quirófanos inteligentes”** que desarrollaremos posteriormente. Obteniendo una mayor precisión en los diagnósticos y tratamientos, mejorando así los resultados para los pacientes y la tarea de los profesionales de salud.

3.2- IA y Robótica en las ciencias médicas

La cirugía robótica con inteligencia artificial (IA) se realiza **para mejorar la precisión** (reduce el riesgo de errores humanos) **y eficiencia** (analizar datos en tiempo real para asistir al cirujano en la toma de decisiones críticas) en los procedimientos médicos, mejorando los resultados y reduciendo las complicaciones postoperatorias. También se **reducen los tiempos de recuperación de los pacientes**.

Recordemos que los robots pueden **realizar tareas repetitivas** con la misma precisión una y otra vez. Además, la IA puede **proporcionar soporte a cirujanos en lugares remotos o con menos experiencia**. Los **sistemas de navegación** avanzados ayudan a los cirujanos a tener una mejor comprensión de la anatomía del paciente. La inteligencia artificial puede identificar patrones y tendencias en los datos, lo que permite a los cirujanos tener una visión más completa de la situación y tomar decisiones basadas en evidencia científica.

ROBERT®, el primer robot autónomo e inteligente del mundo aplicado a la rehabilitación física, en la Clínica de Lesiones Deportivas, única en Ecuador certificada en rehabilitación física robótica.



Lokomat es un robot que ayuda a niños con discapacidad motora en su terapia física al entrenar su marcha y agilizar su recuperación.

Más de 2.000 pacientes pediátricos han accedido a esta tecnología gracias al Instituto para el Desarrollo Infantil – ARIE (Perú)

Los robots en medicina también se emplean en procesos de rehabilitación, desde personas con discapacidades motoras a personas que han sufrido pérdidas sensitivas a causa de un accidente o una enfermedad.

Mothus Technology, es una empresa argentina que aplica robótica para ayudar a niños y adultos con enfermedades neurológicas o parálisis cerebral. La innovación social que motoriza este proyecto lo llevó a ser uno de los protagonistas del Programa Legado 2023, de la compañía Bayer, que tiene el objetivo de financiar soluciones innovadoras/sustentables de alto impacto social en los ámbitos de la salud y alimentación.



Mothus fue seleccionada por la firma Bayer, para la fabricación de cinco "KineBot", robots pensados para acompañar y estimular la movilidad de personas que enfrentan secuelas al momento de desplazarse luego de sufrir patologías como, por ejemplo, un accidente cerebrovascular (ACV).

En la actualidad, existen robots capaces de gestionar de manera más efectiva que los humanos la dispensación y dosificación de medicinas. Algunos de estos robots cuentan con inteligencia artificial que les permite desplazarse por sí mismos y encontrar una ruta más eficaz entre dos puntos.

*El Clínico San Carlos de Madrid es el único en España en preparar la quimioterapia de sus pacientes con un robot. Esta innovación llega bajo el nombre de **APOTECACHemo** para aportar máxima seguridad en la preparación del tratamiento.*



Un paciente con COVID-19 es tratado por un robot en el hospital 'Ospedale di Circolo' de Varese, Italia (AP Photo/Luca Bruno)

En lo que refiere a la asistencia sanitaria pueden prestar servicio en zonas contaminadas con alta presencia de virus o bacterias, en este segmento se desempeñan los drones, (aeronaves robóticas semiautomáticas) para la distribución de medicinas. Siendo también muy útiles para brindar compañía y distracción a niños y pacientes de todas las edades.

Existen prótesis de todo tipo para reemplazo de miembros perdidos, implantes de ojos biónicos han dado la posibilidad a pacientes recuperar la vista, en trasplantes de cóclea han vuelto a escuchar, entre otros. Pero aun la robótica en medicina va más allá apostando por los exoesqueletos robóticos, estos son instrumentos que imitan los movimientos normales de una extremidad, agrupando los impulsos neurales del cerebro.



La integración a largo plazo de una mano biónica en los sistemas nervioso y esquelético de una persona ha sido exitosa por primera vez: se ha aplicado a una paciente con una amputación por debajo del codo. Crédito: Bionics Institute.

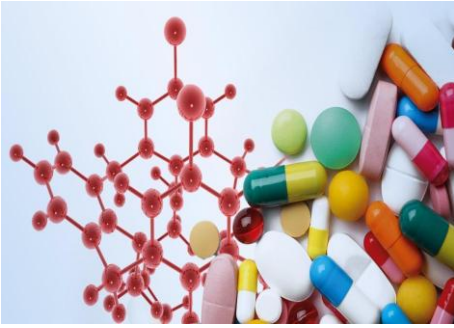
La robótica se alía con la inteligencia artificial en búsqueda de vacunas y nuevos tratamientos. En esta fusión se puede procesar una mayor cantidad de datos realizando con más precisión pruebas en laboratorios, acortando los tiempos de producción diferenciándose del método convencional.

*En España, la empresa de ingeniería y robótica IDPSA desarrolla **Robolab**. Se trata de un autómatas diseñado para trabajar en entornos peligrosos para la salud humana, incluidos los laboratorios con riesgos biológicos que requieren medidas extremas de protección y esterilización.*



“La IA ha contribuido al estudio y predicción de enfermedades como el SARS. A fines del 2019, con la ayuda del Big Data y la IA, la compañía canadiense Blue Dot’s pudo predecir el brote del COVID-19 en Wuhan anticipándose al anuncio oficial de las autoridades chinas y a la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esto lo lograron analizando cientos de términos de búsqueda como “No me siento bien”, “Estoy enfermo”, entre otros, para así, concluir en que una nueva enfermedad infecciosa se estaba

propagando en la zona central de la República Popular China”. [15]



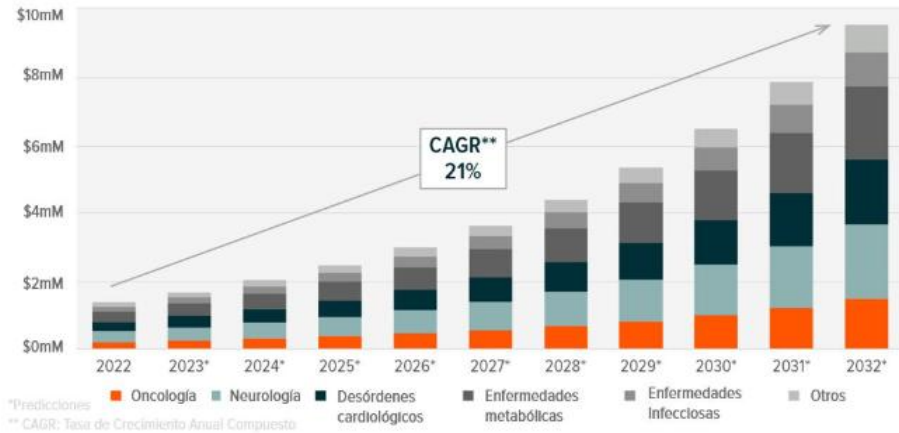
El sistema ReleaSe presentado en la revista Science Advances por una escuela perteneciente de la Universidad de Carolina del Norte, el revolucionario sistema basado en AI que permite acelerar la creación de nuevos medicamentos con un método computacional identifica fármacos candidatos viables, evaluando nuevas moléculas desde cero, las técnicas actuales solo permiten trabajar con productos químicos conocidos.



La Clínica Cleveland es pionera en descubrimientos médicos y están desarrollando una **vacuna contra el cáncer de mama triple negativo**. La administración de alimentos y medicamentos de EEUU aprobó una nueva solicitud de fármaco para que Cleveland Clinic y su socio Anixa Biosciences, Inc comiencen con el estudio. El objetivo a largo plazo de esta investigación es determinar si esta vacuna puede prevenir el cáncer de mama antes de que ocurra, particularmente las formas más agresivas de esta enfermedad que predominan en mujeres de alto riesgo.

TAMAÑO DEL MERCADO DE SOFTWARE DE DESCUBRIMIENTO DE DROGAS POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL: TAN SOLO EL COMIENZO

Fuentes: Proyecciones de Global X ETFs con información obtenida de: Grand View Research (2022). Informe del mercado de Inteligencia Artificial en el Descubrimiento de Medicamentos, 2030; Precedence Research (2022, julio). Análisis de la industria global del mercado de Inteligencia Artificial (IA) en el Descubrimiento de Medicamentos, derivada de Bloomberg





En esta gráfica podemos observar la creciente proyección del descubrimiento de medicamentos por medio de la IA.

Por otro lado, debemos mencionar que la cirugía robótica con IA también conlleva ciertos riesgos



Cuadro de elaboración propia - Cirugía Robótica: Aplicaciones con IA - Learnigheroes.com

A continuación, se expone un cuadro síntesis de otras áreas donde la inteligencia artificial se destaca en la medicina actualmente.

DIAGNÓSTICO POR IMAGEN
<p>La IA analiza imágenes médicas (rayos X, resonancias magnéticas) para detectar enfermedades como el cáncer de forma más rápida y precisa.</p> 
GESTIÓN DE DATOS CLÍNICOS
<p>Optimiza la organización y análisis de grandes volúmenes de datos médicos, mejorando la toma de decisiones y la atención al paciente.</p>
INGENIERÍA GENÉTICA
<p>La IA ayuda en la edición y modificación de genes, facilitando el desarrollo de terapias génicas y tratamientos innovadores.</p> 
MEDICINA PERSONALIZADA
<p>Utiliza datos genómicos para crear tratamientos específicos para cada paciente, optimizando la efectividad y reduciendo efectos secundarios.</p>
ASISTENTES VIRTUALES
<p>Proporcionan apoyo a médicos y pacientes mediante chatbots y sistemas de IA que responden preguntas, programan citas y ofrecen consejos médicos.</p>

Cuadro de elaboración propia - Cirugía Robótica: Aplicaciones con IA - Learnigheroes.com

3.3- IA y Robótica en los establecimientos sanitarios

Ante la necesidad de atender a una sociedad más longeva sumado al aumento de los costos operativos; la Inteligencia Artificial (IA), el Machine Learning y los gemelos digitales se ven como una enorme oportunidad para aumentar la precisión, reducir costes y aumentar el retorno de la inversión. Si bien todos esos son puntos válidos que considerar, los diseñadores y gestores también podemos utilizar este potencial para crear hospitales que ofrezcan las mejores condiciones de atención y servicio.



En la medicina robótica y en cirugía algunos de los robots que obtienen un gran éxito en los hospitales son:

Robot Quirúrgico Da Vinci, su primera versión se dio en el año 1990 y hasta en la actualidad es de gran ayuda para los cirujanos. Es un sistema capaz de recibir órdenes en tiempo real y reproduce de manera exacta los movimientos de un cirujano. El propio cirujano visualiza toda la operación a través de una pantalla que ofrece imágenes de todo el proceso en 3D.

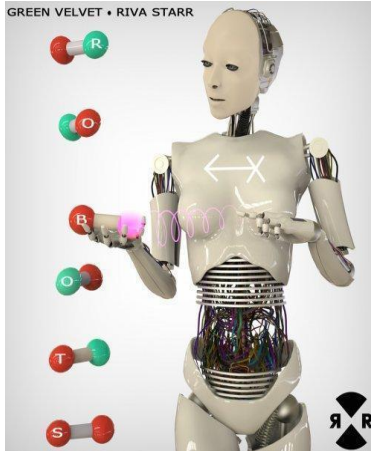


Fuente: Robots de reparto hospitalario Relay

Tug y Relay Robot son dos variantes cuya función es el transporte o almacenamiento de medicación. Como pueden ser muestras de laboratorio, llevar la comida a los enfermos de planta o realizar tareas auxiliares de limpieza, aligerando el trabajo del personal de enfermería, entre otras.



El **robot intellifill IV**, evita los errores en la administración de medicamentos, creando con exactitud las jeringas correctas que necesita el paciente.



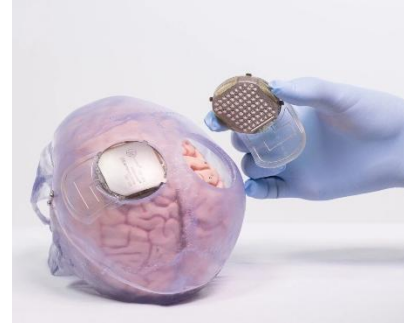
Riba, un robot de origen japonés ideado para asistencia doméstica pero su uso se ha limitado a hospitales y que ofrece asistencia en hospitales o centros sanitarios a personas de edad avanzada. Puede ayudar a estas a realizar tareas, que por su estado de salud pueden resultar complicadas. como por ejemplo ayudarlos a levantarse de la cama y colocarse en su silla de ruedas, también ofrece mayor dependencia a cualquier paciente con problemas de movilidad.

Virob, es un robot de exploración de tamaño reducido 14mm que se incorpora en el interior cuerpo llegando donde no llegaría un instrumento médico habitual. Entre sus capacidades transportar fármacos a zonas delicadas o de difícil acceso, realiza incisiones y pequeñas cirugías interiores. Se mueve por arterias, venas y otras cavidades interiores.



Los exoesqueletos funcionan a través de una combinación de movimientos precalculados y sensibilidad al ambiente, pero con el desarrollo de interfaces neurales, es solo cuestión de tiempo hasta que un exoesqueleto controlado directamente por la mente esté disponible, pueden ayudar a las personas con parálisis a caminar de nuevo, también pueden usarse para la rehabilitación de corrección o malformaciones después de una lesión en la columna vertebral o en el cerebro al ofrecer a los músculos débiles el soporte extra necesario para los movimientos.

Este artefacto recibe el nombre de **Wimagine**. Creado por el Instituto de Investigación de CEA (Atomic Energy Commission), se compone de dos unidades para hacer funcionar el sistema, van alojadas en la superficie del cerebro, una de ellas se coloca en la zona derecha y otra en la izquierda. Cuentan con sensores intradérmicos capaces de leer la corteza sensoriomotora. La mayor innovación de este desarrollo está en el implante capaz de registrar la actividad cerebral del paciente y transmitirla de forma inalámbrica.



3.3.1- Smart UCI: solución para los cuidados intensivos

La **Smart UCI** permite establecer protocolos de actuación ante situaciones de emergencia en función de los datos que le llegan al sistema de control (ej. monitores médicos).

Los profesionales sanitarios pueden hacer un **seguimiento** más exhaustivo **de las necesidades de los pacientes en tiempo real desde cualquier punto del hospital**. Esta innovación aplicada a las unidades de cuidados intensivos adquiere aún más importancia dada su necesidad de control y monitorización.

3.3.2- Flujo de pacientes

Una gestión eficiente del flujo equilibra las necesidades del paciente con los recursos del hospital, estructurando así el funcionamiento de áreas, horarios, insumos, equipos, personal y pacientes.

El Arq. Abraham Jimenez expresa, “Si bien los sistemas electrónicos para registro de salud (EHR) y admisiones se han consolidado en organizaciones sanitarias, la programación de diversos recursos sigue siendo en gran medida un proceso manual. En los últimos años, **el impulso a la digitalización se está dando en los bloques quirúrgicos**, donde gradualmente se está implementando software de planificación para optimizar el uso de quirófanos, reducir los tiempos de espera, coordinar el personal médico y comunicarse con pacientes y familiares. Algunas de estas plataformas pueden integrarse con los sistemas EHR y ofrecen ciertas posibilidades de simulación. En algunos casos, estas soluciones se complementan con plataformas de trazabilidad de material quirúrgico y equipos de electromedicina.” Los Centros hospitalarios como *John Hopkins en Baltimore*, *el Centro Médico Beth Israel Deaconess en Boston* y *Sant Joan de Déu en Barcelona*, aplican en algoritmos de ML para analizar las ventajas y desventajas de diferentes opciones

en el flujo de pacientes y organizar los recursos y el personal médico necesario. El *Hospital University College de Londres*, utiliza una herramienta de predicción de admisiones en Urgencias para generar pronósticos a corto plazo.

El Hospital Sant Joan de Déu-Barcelona Children's Hospital. Es uno de los hospitales pediátricos más antiguos de Europa, la primera instalación fue construida en 1867. Hoy en día, es uno de los hospitales universitarios líderes en Europa para la infancia y la adolescencia, así como para la maternidad y medicina fetal.



Con esta nueva inteligencia podemos acceder a un conocimiento más profundo sobre el impacto de diferentes opciones en el flujo de pacientes y la operativa del edificio, generando mejores alternativas para optimizar los recorridos y minimizar la saturación y los cuellos de botella.

3.3.3- Experiencia del paciente

El Arq. Abraham Jimenez afirma: “Si bien es cierto que durante las últimas décadas el diseño hospitalario ha integrado la experiencia del paciente como criterio central, **los sistemas digitales que sirven al edificio se van incorporando de manera fragmentada para resolver problemas aislados**, a menudo subutilizando la capacidad de los sistemas de información digital para crear una experiencia personalizada y coordinada.”...

“En la actualidad, algunos hospitales ofrecen aplicaciones, portales, dispositivos en habitaciones y quioscos digitales para que los pacientes puedan gestionar sus citas, acceder a información sobre sus procedimientos y personal asignado, saber los tiempos de espera, navegar dentro del hospital e incluso acceder a aplicaciones de entretenimiento. Más allá de estos servicios, **las aplicaciones de IA pueden ayudar a habilitar la interacción bajo demanda y coordinar procesos más fluidos para mejorar la experiencia del paciente.**”

Como dice *Adolfo Barroso*, Digital Buildings and Segments Director de Schneider Electric, "...implementar soluciones inteligentes en la habitación del paciente que le permitan controlar las condiciones ambientales (luz, climatización), así como tener acceso a información importante sobre su proceso (consultas, medicación, especialistas, fecha del alta). Una estancia cómoda y una comunicación clara ayudan a reducir el estrés del paciente y a su pronta recuperación."

Hospital de Niños Nemours / Stanley Beaman & Sears + Perkins and Willen en Orlando, Florida.

El hospital y sus jardines son testimonio de la expresión "ambiente de curación", atiende a niños con enfermedades crónicas, complejas que amenazan la vida. El color de la habitación del paciente y la acentuada iluminación pueden ser seleccionadas por el niño, creando una constante dinámica en el cambio de la fachada del edificio. Fuente: ArchDaily



3.3.4- Gemelos digitales para la atención sanitaria

Los edificios hospitalarios, como todos los sistemas físicos, son difíciles de modelar porque cambian con el tiempo. El uso de gemelos digitales que reproducen el sistema, sus condiciones y contexto, y la aplicación de Inteligencia Artificial para encontrar tendencias entre millones de datos revolucionarán los métodos y tecnologías para modelar, controlar y predecir el comportamiento y estado de diversos sistemas físicos, incluidas las infraestructuras sanitarias.



Editeca - Gemelo digital

El Arq. Abraham Jimenez expone: "En el diseño hospitalario, la popularización de software de modelado BIM ha permitido que los arquitectos y consultores podamos

participar en la integración de estas réplicas digitales, ya que los modelos de información contienen no solo información sobre los componentes y sistemas de los edificios, sino también la lógica del programa médico, materializada en la distribución de servicios. No obstante, **el uso de gemelos digitales en hospitales está aún en las fases incipientes de madurez**. Las soluciones actuales se basan principalmente en tres verticales: gestión de energía de edificios (BEM), sistemas de automatización/gestión de edificios (BMS/BAS) o software de gestión de instalaciones (FM), con interoperabilidad limitada entre ellas. Muchas de estas plataformas no están planteadas para conectarse a sistemas de otros proveedores, especialmente si no tienen alcances similares (flujo de pacientes, salud ambiental, ocupación de habitaciones o circuito de pacientes).

El avance de los gemelos digitales beneficiará en última instancia a los pacientes que asisten a los hospitales (al minimizar la desconexión entre los servicios y sistemas complementarios, el personal y los recursos) y los sistemas sanitarios (al generar ahorros sustanciales en los gastos de atención médica). Siguiendo estos objetivos, los casos más sobresalientes de gemelos digitales que integran múltiples tecnologías del ámbito sanitario están siendo desarrollados mediante la colaboración entre organizaciones sanitarias y proveedores tecnológicos.”

A modo de ejemplo cabe mencionar: el **proyecto DIN2BIM**, producto de una colaboración entre Pinearq y Hospital del Mar (Barcelona), que tienen como objetivo integrar datos y modelo BIM con datos en tiempo real obtenidos por una red de dispositivos IoT (objetos físicos que están conectados a internet y que pueden intercambiar datos con otros dispositivos y sistemas) instalados en zonas claves del edificio B1 para monitorizar y gestionar la calidad del aire, el consumo energético y las concentraciones de patógenos en aire.

Los gemelos digitales pueden ser una valiosa herramienta para los diseñadores a fin de administrar una propiedad para un cliente, un servicio que normalmente no se asume, pero que puede ser atractivo para algunos grupos de diseño hospitalario. Además, el mantenimiento predictivo en un edificio que opera 24/7, 365 días al año, nos permite anticiparnos a problemas futuros que repercuten negativamente en el funcionamiento, los costos y sobre todo en la salud de pacientes hospitalizados.

3.4- Ventajas y desventajas

La forma en que se practica la medicina está cambiando gracias a la aportación de una infinidad de mejoras y oportunidades tecnológicas que benefician tanto a usuarios como a trabajadores del sector. Sin embargo, de la mano de todas estas posibilidades, aparecen

una serie de inconvenientes y riesgos que debemos considerar para una correcta implementación de todas estas novedades.

Oportunidades

- Fundamental para absorber el crecimiento de pacientes y patologías.
- Supone una mejora en eficiencia y productividad a lo largo de todo el proceso de atención al paciente.
- Se reducen los costes del cuidado médico y la seguridad del paciente.
- Se pueden reducir los recursos reduciendo los tiempos de espera y el estrés de los sanitarios.
- Monitorización de pacientes y servicios de telemedicina.
- Asistencia remota y con herramientas virtuales. Asisten al paciente en cualquier momento y en distinto lugar geográfico (médico/paciente)
- Terapias digitales y realidad virtual.
- Soporte en el diagnóstico por la imagen, algunas con un alto nivel de acertividad.
- Refuerza la medicina preventiva. Pueden detectar la aparición de enfermedades de forma prematura.
- Posibilita una medicina personalizada.

Desventajas

- La implementación de ciertos sistemas que utiliza la IA pueden alcanzar costes tan elevados.
- Requiere la formación de especialistas del sector sanitario para que sean capaces de comprender y controlar el funcionamiento de cada una de las distintas aplicaciones.
- La pérdida del contacto humano, en la mayoría de los casos se tiende a desconfiar del diagnóstico realizado por un ordenador.
- Implementar estos sistemas puede suponer una dificultad para la sanidad pública que depende de los Presupuestos Generales del Estado, mientras que aquellas instituciones de financiación privada lideran el uso de estas tecnologías emergentes.
- Estos programas inteligentes aprenden y toman decisiones en función de bases de datos con los que los “alimentamos”. Dependiendo de la información que reciben los programas de IA, pueden generar un sesgo muestral de forma automática.
- Riesgos asociados a la medicina predictiva, que permitirá anticipar, incluso en el momento del nacimiento.

Cuadro de elaboración propia - “La Inteligencia Artificial en el sector salud: oportunidades e inconvenientes”- Hospitecnia -2022

Las **enfermeras virtuales** son aplicaciones de inteligencia artificial que asisten al paciente en cualquier momento que este lo desee mediante una aplicación que puede

descargarse en un dispositivo móvil. En el auge de la pandemia COVID-19, algunos de estos **autobots** eran capaces de realizar un triaje del paciente y determinar si era un posible caso de contagio. La aparición de **robot-assisted surgery** (robots asistentes de cirugía) permite que paciente y médico puedan estar en ubicaciones geográficas distintas durante la operación.

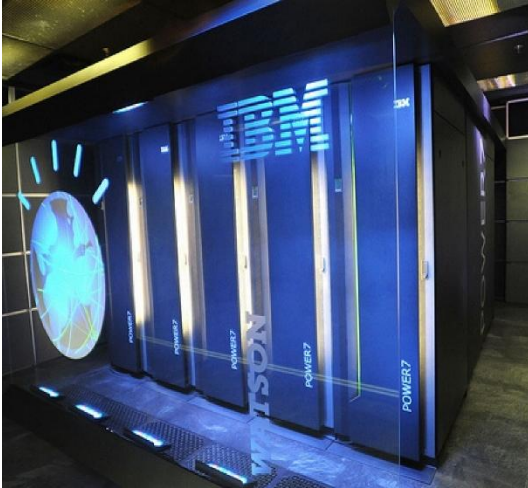


Robot asistente de cirugía. “5 formas en las que la asistencia robótica aumenta la precisión quirúrgica” por la Dra. Elvira Klause, MD, FACS, especialista en cirugía robótica en Laguna Hills, California.

Cada año, más de 1,2 millones de personas se someten a una cirugía de extirpación de la vesícula biliar en los Estados Unidos. Imagen post quirúrgica de paciente de la Dra. Elvira Klause, sometido a extirpación de vesícula biliar con cirugía robótica.



Según lo expresado en el artículo de Hospitecnia, “*La Inteligencia Artificial en el sector salud: oportunidades e inconvenientes*”, los algoritmos de IA son capaces de **detectar la aparición de enfermedades de forma prematura**, mejorando las posibilidades del paciente y permitiendo empezar el tratamiento cuanto antes. Es especialmente efectivo en el campo de la oncología, donde los programas son capaces de detectar posibles brotes cancerígenos. El superordenador Watson, de la empresa estadounidense [IBM](#), es capaz de diagnosticar con un 83% de precisión el cáncer mediante su librería de imágenes, además de ofrecer posibles tratamientos al médico que corresponda.



IBM ha firmado un acuerdo con las empresas Memorial Sloan-Kettering, un centro especializado en el tratamiento del cáncer, y WellPoint, que también se dedica al campo de la salud. Como consecuencia, hospitales y otras entidades podrán consultar la supercomputadora para decidir cómo serán tratados los pacientes. Por el momento ha analizado 605.000 pruebas médicas y dos millones de páginas de texto. También ha recogido información de 25.000 casos prácticos y ha asistido a 14.700 horas en clínica. Hay que tener en cuenta

que Watson no sustituye a un médico.

Podríamos redactar un amplio listado de todas las posibles aplicaciones y ventajas que la inteligencia artificial puede aportar al sector hospitalario. Sin embargo, contrarios a todos estos beneficios, encontramos una serie de obstáculos técnicos y dilemas éticos que dificultan la implantación inmediata de estas herramientas en todo el sector. Son sistemas cuya programación y manejo resultan complejos, necesitando personal especializado y formado en ambos casos. No están exentos de fallos, más aún con cierto grado de complejidad. Hay casos de pacientes que han reportado quemaduras o daños en órganos adyacentes. Falta de normativa. ¿Quién asume la responsabilidad de un error si un robot comete un fallo con consecuencias negativas para el paciente?

4- Aplicación actual de la IA en salud

4.1- Hospitales del futuro

Según Deloitte “Hospital sin paredes”, el avance de la computación cuántica, la robótica, nanotecnología y la inteligencia artificial entre otros, incide modificando la atención médica como la conocemos. En el **futuro los hospitales** tenderán a incluir los servicios de mayor gravedad como **URGENCIAS, CUIDADOS INTENSIVOS Y QUIRÓFANOS** y el resto de las actividades médicas se trasladarán a centros de salud, escuelas, locales comerciales y a los domicilios particulares de los usuarios.

La atención virtual debe resolver la equidad en atención (igualdad de acceso), aumento en costos de la atención de salud (mayor prevención y atención temprana), reducción de la huella de carbono y mejor aprovechamiento de la mano de obra clínica. El hospital del futuro, aumentará la atención física y virtual de manera significativa e integral, brindando

una mejor experiencia y resultados. Los pacientes tendrán acceso y dominio sobre sus datos de salud tomando decisiones en base a esta información. Habrá intervenciones y tratamientos más innovadores, más precisos, menos costosos, menos complejos e invasivos.

4.1.1- Áreas de impacto

Según la investigación de Deloitte se establecen las siguientes áreas de impacto:

1. Transformación de la atención de la salud

La atención de salud debe ir al encuentro de los usuarios. Luego de la pandemia los usuarios del sector sanitario desean más comodidad y a la vez más seguridad. Por esto se ha generado una nueva dinámica: prestadores públicos y privados se están aliando para brindar un mejor y mayor servicio a la comunidad, lo mismo sucede con organizaciones de salud pequeñas y grandes prestadores.

OSPAT en 2021, presentó su nuevo servicio Estación Diagnóstica. Una experiencia que ya tiene lugar en Europa y Estados Unidos y es la primera en Latinoamérica.



La Estación diagnóstica Hola Doctor! propone una cabina de 2,19m x 2,26m x 1,52m dotada de alta tecnología que permite al paciente realizar auto-chequeos asistidos por voz e imagen, utilizando un conjunto de dispositivos que proveen información diagnóstica e interactuando con un médico en videoconsulta. La central de control de la Estación es el propio smartphone del paciente, que mediante la App comanda el recorrido médico dentro de la cabina. Los resultados que se obtienen de la interacción con la cabina y sus dispositivos se archivan en la aplicación móvil del

paciente, mientras que el profesional médico puede recibirlos en tiempo real.

Los hospitales y los sistemas de salud están recurriendo a la computación en la nube, las telecomunicaciones 5G, la inteligencia artificial (IA), los datos y análisis interoperables para hacer frente a los desafíos actuales y construir modelos de atención sanitaria con tecnología digital. Las tecnologías inalámbricas avanzadas, como la 5/6G, permitirán el monitoreo continuo de un paciente y su entorno en tiempo real.

2. Transformación digital

El impulso del uso de la tecnología digital en salud tiene el potencial de mejorar significativamente el acceso a la atención médica de varias maneras:

- **Telemedicina y consultas en línea:** consultas médicas a distancia a través de plataformas de telemedicina y aplicaciones móviles.



- **Educación y prevención:** Las herramientas digitales pueden proporcionar información y educación sobre salud de manera accesible y comprensible para la población.

- **Gestión de datos de salud:** facilita la recopilación, análisis y gestión de datos de salud a nivel poblacional.

- **Acceso a medicamentos y seguimiento de tratamientos:** Las aplicaciones móviles y plataformas digitales pueden facilitar el acceso a información sobre medicamentos, precios, disponibilidad y puntos de distribución.

- **Capacitación y apoyo a profesionales de salud:** puede ofrecer capacitación y apoyo a profesionales de la salud en áreas remotas o con recursos limitados.

3. Tecnología médica

Los elementos o “capacidades” que permiten la atención digital, como sensores, IA, entre otros, serán asignadas a los pacientes de acuerdo a sus necesidades, factores clínicos y de salud.

- Seguimiento, cuidado de la salud y bienestar.
- **Pacientes sanos**, no agudos y episódicos: alerta temprana de posibles eventos adversos (mensajes, aplicaciones, asistente virtual)
- **Video consulta**, aplicable a la mayoría de los segmentos de la población.
- Aumento del riesgo y de **pacientes crónicos, agudos**: programas de seguimiento con IA más avanzados, de bajo costo, integradas a la historia clínica electrónica
- Riesgo en aumento/alto, **policrónicos, agudos**: les prescribirán dispositivos digitales de calidad clínica para seguimiento. Mayor costo y complejidad.

- Pacientes **agudos de alto riesgo**: hospital en el hogar. Monitorización continua con flujo de datos de alta frecuencia o en streaming. Sistema de monitorización de alto nivel o intensivo.

Otra herramienta que se introduce en la tecnología médica es la **Realidad virtual o realidad aumentada**. Tanto profesionales como pacientes esperan que el uso de la IA para predecir, diagnosticar y prevenir eventos agudos de salud sea una práctica habitual en los próximos años.



Fuente: Realidad aumentada en salud. Borealtech

4. Equidad de la atención de salud, sostenibilidad y medio ambiente

Equidad: Es la oportunidad de acceder a un estado de bienestar general, abarcando salud física, mental, social, emocional y espiritual. Incluye factores medioambientales, económicos y atención a la salud.

Sostenibilidad y medio ambiente: Supone la incorporación de atención virtual y hospitales sin paredes para asegurar así flexibilidad, agilidad, resistencia y sostenibilidad.

5. Futuro de la fuerza laboral

Las **personas no pueden o quieren salir de sus domicilios**, lo que ha llevado a incorporar atención virtual o a domicilio, es un rediseño en los flujos de trabajo. Cada vez se necesitan más habilidades como la codificación, la ciencia del comportamiento y la gestión, el análisis y la visualización de datos.

6. Futuro de la regulación

Los marcos normativos serán muy importantes a medida que avancemos hacia la digitalización. *La transición de las historias clínicas electrónicas (HCE) de los sistemas de salud a la nube no sólo proporciona flexibilidad y eficiencia en los costos y el*

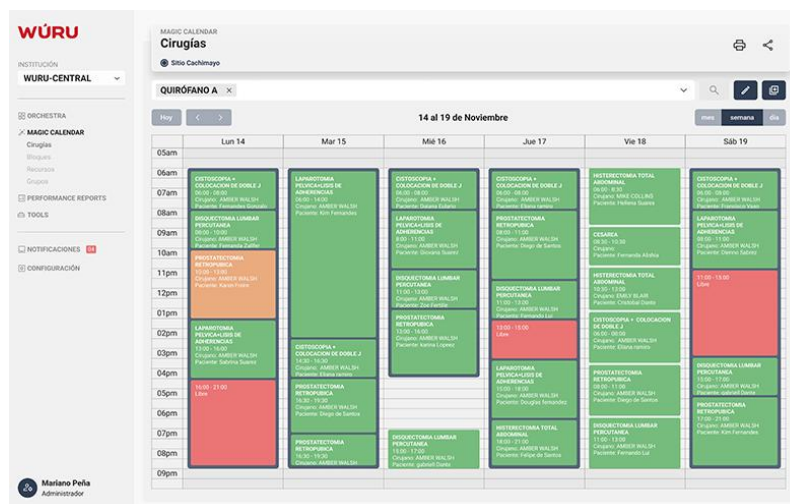
funcionamiento, sino que también puede crear problemas de propiedad y seguridad de los datos.

4.2- Inteligencia Artificial en las operaciones hospitalarias

El uso de la IA a la medicina se intensificó con la pandemia de COVID-19, está creó una demanda urgente de soluciones que pudieran permitir la atención remota, la telemedicina y los servicios de salud digital, lo que llevó a un aumento en la inversión e innovación en el sector de la tecnología sanitaria. Convirtiendo al 2020 en el “año cero” de las llamadas healthtech (*tecnologías innovadoras en el sector de la salud y bienestar*). La IA es aún incipiente con variaciones entre países desarrollados y en vías de desarrollo.

Según el Ing. Luciano Tourn, existen tres factores principales por los que la necesidad de incorporar IA en la gestión de operaciones se convirtió en una urgencia en los últimos años. Por un lado, **la escasez de profesionales de la salud**. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en la actualidad, la disponibilidad de médicos es de dos profesionales por cada mil habitantes en América Latina. En paralelo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima un déficit proyectado de 10 millones de trabajadores de la salud a nivel mundial para 2030.

La automatización de procesos puede reducir el tiempo que los médicos dedican a las tareas administrativas para brindar más y mejor atención a los pacientes, ya que este tipo de actividades pueden ocupar hasta el 70% de su jornada.



Fuente: Wúru - Magic Calendar (prestación de salud)

Por otra parte, el **aumento de la demanda de servicios**. La situación circunstancial posterior a la pandemia donde se reanudaron procedimientos que quedaron suspendidos,

llevó repentinamente a los pacientes de vuelta a las consultas y la necesidad de operar al máximo de su capacidad sanitaria, sumando el envejecimiento de la población mundial que ya representa una gran demanda.

Por último, la **necesidad de mejorar el acceso desigual a la atención médica a nivel global**. Según la OMS, en la actualidad, el 50% de la población mundial no tiene acceso al sistema de atención médica. Esta distribución desigual está vinculada con aspectos políticos, económicos y sociales.

Además, los hospitales registran hoy **ineficiencias en el uso de recursos materiales**. *Espacios como el área quirúrgica, que es uno de los principales generadores de ingresos de las instituciones, exhiben una media de utilización del 50% de su capacidad productiva, lo que genera desperdicio de recursos y reduce sus márgenes de operación. Esto, además de representar costos fijos muy altos para las instituciones, significa que los pacientes tienen que esperar para someterse a procedimientos una cantidad de tiempo superior a la que lo harían si esos prestadores incorporarán soluciones eficientes en su gestión.*

Hay un recurso que los hospitales **no utilizan para tomar decisiones: los datos**. Muchas instituciones continúan realizando una gestión según reglas, en base a tradiciones de la cultura organizacional. *La data de un prestador constituye un activo que puede hacer una gran diferencia en los resultados de la gestión, ya que toda la operación de una institución médica genera información extremadamente valiosa para comprender patrones y gestionar sistemas de atención.*

4.3- Obstáculos en la implementación de IA: transformación cultural y digitalización de procesos

Desde su experiencia con Wurú, el Ing. Tourn explica que **la resistencia al cambio** es quizás el obstáculo más importante. Por eso, las instituciones en salud necesitan desarrollar estrategias más efectivas para comunicar las razones por las cuales este cambio vale la pena.

Además, resulta fundamental **velar por la privacidad y seguridad de los datos**. La recopilación y el uso de datos de pacientes plantean preocupaciones que pueden constituir un obstáculo importante para la adopción de productos de datos e IA. Por otra parte, para garantizar la efectividad de la incorporación de estas soluciones, *las instituciones deben garantizar una interoperabilidad ilimitada, además de precisión y calidad de los datos*. En el primer caso, se trata de reducir al mínimo las dificultades en el acceso a los datos de los pacientes y la posibilidad de utilizar diferentes sistemas de datos que sean compatibles para

compartir la información. En el segundo, se trata del desafío de garantizar que no existan errores e inconsistencias en los datos que puedan afectar la efectividad de los productos incorporados.

Si bien las organizaciones están comenzando a dar sus primeros pasos en la incorporación de la explotación de datos y el uso de IA, la perspectiva es que esto cambie de forma drástica en el mediano plazo. *Según estimaciones de National Bureau of Economic Research (NBER), la incorporación de IA en el ámbito hospitalario en el siguiente lustro, podría resultar en ahorros del 5% al 10% del gasto en atención médica, sin sacrificar la calidad y el acceso.*

4.4- IA en Gestión Hospitalaria: impacto en áreas productivas clave para el hospital

El Ing. Luciano Tourn define que **un hospital es un sistema interconectado de unidades productivas**. En términos de gestión hospitalaria, **la optimización de cada una de sus áreas repercute positivamente en el resto de las unidades y las fricciones** que pueden aparecer en una etapa determinada del *patient journey* pueden **generar nuevas fricciones** en las etapas posteriores. Para el paciente, una experiencia negativa en una parte de ese proceso puede impactar de manera negativa en su percepción cualitativa de la atención general recibida.

Los prestadores médicos para potenciar su productividad, deben fijarse en la incorporación de soluciones que automaticen las tareas de gestión de todas sus áreas. Esto debe hacerse por etapas, comenzando en unidades productivas que cada institución considere prioritarias.

La integración de la Inteligencia Artificial en las operaciones hospitalarias aumenta la productividad, mejora la experiencia del paciente y optimiza los recursos hospitalarios. La automatización de tareas rutinarias, la mejora en la toma de decisiones clínicas y la capacidad de la IA para proporcionar orientación durante los procedimientos quirúrgicos son solo algunos ejemplos de cómo la IA está transformando la industria de la salud.

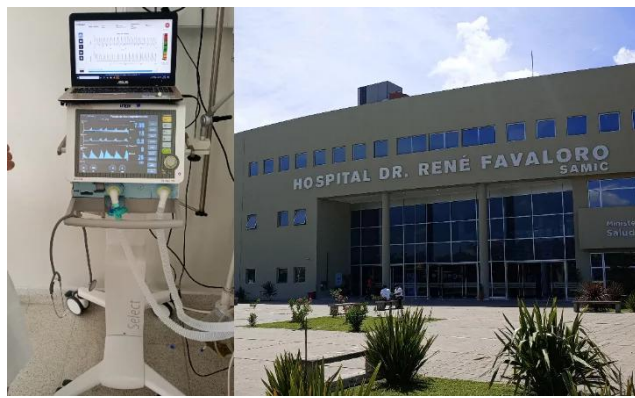
Si bien existen desafíos y consideraciones éticas asociadas a la implementación de la IA, su impacto científico en las operaciones hospitalarias es innegable.

4.5- Ejemplos en Argentina

4.5.1- Hospital General de Agudos René Favaloro

El Hospital público argentino cuenta con una tecnología novedosa que permite monitorear desde cualquier dispositivo móvil o computadora, lo que sucede con un ventilador mecánico, **es un software basado en inteligencia artificial VetSupport.**

Una herramienta poderosa para el personal médico, con capacidad para efectuar sugerencias sobre la marcha, lo cual puede ser fundamental para la vida del paciente. Para funcionar, este software debe contar con internet, y la información monitoreada queda almacenada en servidores ubicados en los Estados Unidos.



El algoritmo randomforest es el encargado de monitorear y clasificar asincronías para darle a los médicos y kinesiólogos de las UTI, todo analizado sin necesidad de ingresar a la sala con el paciente, acortando los tiempos de internación, interurrencias, y mitigando todos los riesgos en materia de seguridad del paciente. El hospital es pionero y fue el primer hospital público en la argentina en tener inteligencia artificial en una unidad de cuidados intensivos (UCI).

4.5.2- Hospital Italiano

El Departamento de Informática en Salud del Hospital Italiano **desarrolló una aplicación Trx que incorpora algoritmos de Aprendizaje Profundo a la lectura de radiografías de tórax.** Destinada principalmente a los servicios de guardia médica, Guardia Externa y Diagnóstico por imágenes, T-Rx puede detectar cuatro tipos en las RxTx (opacidades pulmonares, neumotórax, derrames pleurales y fracturas costales) mediante cuatro módulos independientes integrados en el sistema.

Su funcionamiento consiste en que, luego de procesar la radiografía, informa distintos resultados “En primer lugar, el sistema unificado de T-Rx indica de manera dicotómica si la

imagen es sospechosa de hallazgo patológico o si, posiblemente se trate de una RXTx normal (Ingeniera candelaria Mosquera). Cada una de los cuatro módulos indica en forma particular si detecta un hallazgo de opacidad pulmonar, neumotórax, derrame pleural o fractura costal. Finalmente, TRx permite visualizar un mapa de calor sobre la imagen indicando en color la región del tórax donde se sospechó una detección de hallazgo”

En un contexto de pandemia que incrementó la demanda de informes radiológicos, **T-Rx tiene dos usos principales:**

Servicio de Guardia. Como **herramienta de soporte en el diagnóstico** para colaborar en la decisión del manejo y abordaje diagnóstico-terapéutico de un paciente. A modo de preinforme, **puede actuar como segunda opinión para asistir a médicos** clínicos o de otras especialidades que puedan ser convocados a Guardia y que no estén habituados al diagnóstico por RxTx.

Triage: Se utiliza en **informes radiológicos para determinar la urgencia** de recurrir a la evaluación de un especialista en Diagnóstico por Imágenes, con la prioridad de aquellos estudios que presentan sospecha de algún tipo de hallazgo.

4.5.3- Instituto Fleni

El Departamento de Neurocirugía de **Fleni** lleva a cabo una amplia variedad de cirugías del sistema nervioso central en sus quirófanos. Entre las más frecuentes se encuentran las cirugías neurooncológicas para extirpar tumores, las cirugías de columna y las cirugías de lesiones vasculares como hematomas o aneurismas. Además, es uno de los pocos en Argentina en realizar cirugías con pacientes despiertos, cirugías endoscópicas y cirugías con resonancia intraoperatoria. Además, la institución realiza intervenciones para resolver las complicaciones que se dan en el sistema locomotor.



La institución se abocó a la puesta en valor del Centro Quirúrgico, entre muchas mejoras, Fleni cuenta con un **Neuronavegador BRAINLAB Modelo CURVE con pantalla única**, de última generación, para la realización de procedimientos neuroquirúrgicos de alta complejidad en donde es necesario la localización precisa de la lesión a extirpar y de las áreas cerebrales adyacentes que deben ser respetadas para no producir daño neurológico.“

Con estas tecnologías, como los neuronavegadores, uno puede resolver un gran número de patologías”, destacó el doctor Santiago Condomí Alcorta, jefe de Neurocirugía. **Los neuronavegadores funcionan como una especie de GPS durante las intervenciones** para extirpar tumores, por ejemplo, ya que permiten ubicarlos con mayor precisión, minimizando el margen de error. Al



respecto, el doctor Pablo Marino, jefe del Servicio de Patología Espinal de Adultos detalló que las nuevas tecnologías “están permitiendo hacer cirugías de columna con menores incisiones y menor tiempo de recuperación”.

4.5.4- Hospital Garrahan

Para la atención de patologías y cirugías complejas, el Hospital cuenta con 20 quirófanos con equipamiento de primera calidad, microscopio neuroquirúrgico de alta definición que, sumado a un **neuronavegador** de última generación y al talento humano, conforman la más alta tecnología. Funciona todos los días del año y se realizan 12 mil intervenciones anuales con la participación de 500 profesionales de distintos servicios y áreas del Hospital.

La gestión de **TIC** ha generado un espacio de comunicación mediado por las tecnologías, para promover su uso, innovar y brindar soporte tecnológico y apoyo colaborativo dentro de un marco de relacionamiento en red.



En 2022, se puso en marcha el **Programa de Teleenfermería** con el objetivo de llevar adelante el seguimiento de niñas, niños y adolescentes del Hospital en su lugar de residencia en relación con los cuidados de Enfermería, promover la teleconsulta de segunda opinión y facilitar la capacitación y asistencia técnica a distancia.

Al mismo tiempo, impulsa la construcción de la Red Federal de Tele Enfermería Pediátrica, que ya cuenta con referentes en cada una de las provincias.

El Programa Tele UCI realiza atención sincrónica y asincrónica a distancia de pacientes internados en Unidades de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP) de hospitales públicos de la Argentina.

4.5.5- Robot Da Vinci Xi

El Sanatorio Finochietto incorporó una nueva tecnología robótica para cirugías denominada Da Vinci Xi.

Con esta nueva tecnología el cirujano maneja desde su consola los cuatro brazos del robot filtrando temblores, minimizando los movimientos de la mano humana logrando un aumento de la precisión. Además, **se puede ver una imagen ampliada del interior del paciente, 10 veces más grande que su tamaño real**, y se puede controlar el instrumental quirúrgico con una precisión excepcional. Estas son algunas de las cirugías que se pueden realizar con el robot Da Vinci Xi: esófago, próstata, riñón, cirugías de ginecología, colon, tórax, entre otras.

El cirujano opera al paciente desde una consola, con el apoyo del cirujano asistente y un instrumentador, desde la cual tiene control total del robot Da Vinci Xi, con una visión inmersiva 3D, y acceso a los 4 brazos robotizados que replican los movimientos del especialista.

Para el éxito de la operación robótica, es tan importante la actuación del cirujano y el robot como el servicio integral que se le brinda al paciente antes, durante y después del procedimiento, donde intervienen cirujanos, instrumentadores, anestesiistas, enfermeras y asistentes, entre otros.

El robot reproduce los movimientos del cirujano en distintos órdenes, lo que permite una mayor exactitud: **cuando el cirujano mueve su mano 1 cm el robot lo puede traducir en un movimiento de 1 mm y le provee además visibilidad 3D inmersiva de la zona a intervenir, lo que mejora significativamente el campo visual.**

Los procedimientos pueden ser menos invasivos, lo que puede resultar en menor dolor y una recuperación más rápida en comparación con la cirugía tradicional.



Cirugía robótica

El sistema quirúrgico Da Vinci® es un sistema robótico asistido informáticamente que amplía la capacidad del cirujano para operar de manera menos invasiva.

COMPONENTES DEL SISTEMA DA VINCI
Consta de tres elementos principales: consola del cirujano, carro del paciente y carro de visión.

CONSOLE DEL CIRUJANO
Es el centro de control del sistema desde el que el cirujano opera.



VISION DE LA ZONA OPERADA
El visor proporciona dos imágenes de la zona operada. Ambas dan una visión tridimensional.



MANO DERECHA Controla el brazo 1.
MANO IZQUIERDA Controla los brazos 2 y 3.



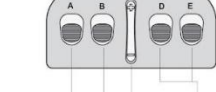
Paso de uno a otro con el Pedal A.

Funcionamiento de los manipuladores
Transmiten los movimientos de las manos del cirujano a los brazos del robot.



El sistema no transmite los temblores de la mano del cirujano y escala sus movimientos.
Escala: Proporciona mayor precisión.

Pedales
Combinados con los manipuladores controlan los brazos del robot.



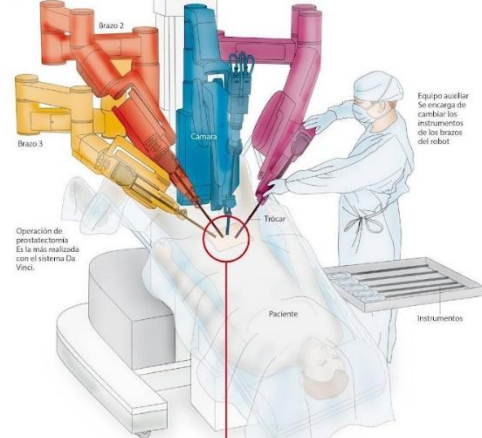
PEDAL A Recalca los manipuladores y cambia entre el brazo 2 y 3.
PEDAL B Mueve la cámara.
PEDAL C Enfoca la cámara.
PEDALES D E Aplican energía para coagulación.



© Clínica Universidad de Navarra 2012. Infográfico realizado con el consentimiento médico vigente en julio de 2012. Transcurrido un año se responsabiliza que verifique con un especialista que la información sigue siendo correcta.

CONSOLE DEL CIRUJANO

Tiene tres brazos y un endoscopio. Es supervisado por el personal en quirófano.



Operación de prostatectomía
Es la más realizada con el sistema Da Vinci.

Instrumentos
Se introducen a través de los trocantes. Son intercambiables y llegan a espacios muy reducidos.

Limitan los movimientos de la mano.



Trocantes
Tubos que se mantienen fijos por cuyo interior pasa el instrumental. Los instrumentos se cambian sin mover el trocán. Hay uno en cada brazo del robot.

Endoscopia
Dos cámaras captan la imagen en 3D.

CO2
Se insufla en el abdomen. Proporciona mayor visibilidad.

Dímetro de los trocantes
4 mm (Tamaño real)

CONSOLE DEL CIRUJANO

Permite la supervisión de los procedimientos y la colaboración entre los profesionales en quirófano.



Intercomunicador
El personal en quirófano está en constante comunicación.

Panel de luz
Reproduce imágenes en alta definición (HD).

Sistema de grabación
Las grabaciones se utilizan posteriormente en la formación de cirujanos.

Electrobisturí
Carra tejido blando con ondas electromagnéticas.

Control de la cámara

Humidificador

Insuflador de CO2

PRINCIPALES USOS

*Realizados en la Clínica Universidad de Navarra.

- 1 **Urología**
Prostatectomía radical*, nefrectomía parcial*, ureterolitomía ureteral*, pieloplastia*.
- 2 **Otorinolaringología**
Cirugía del síndrome de apnea obstructiva del sueño*, tiroidectomía* y glossectomía* transoral; extracción de tumores*.
- 3 **Ginecología**
Histerectomía*, reconstrucciones "subcálix", miomectomía*, tumores de cérvix*.
- 4 **Cirugía general**
Cirugía de colon y recto*, cirugía bariátrica, hepatectomía pancreática, cirugía del tercio inferior de esófago*.
- 5 **Cirugía cardiotorácica**
By pass aorto-coronario, reparación mitral, comunicación interauricular; reparación válvula tricúspide; cirugías de mediastino y pulmón*.
- 6 **PROSTATECTOMÍA**
En casos de cáncer de próstata se entrega la glandula prostática.
- 7 **El instrumental se introduce a través de incisiones mínimas.**
- 8 **APNEA OBSTRUCTIVA**
Se opera a través de la boca.
- 9 **Se elimina el exceso de tejido sin dejar cicatriz visible.**
- 10 **PROSTATECTOMÍA Y PARATRIBOIDECTOMÍA**
En casos de adenomas de próstata o bocio nodular evita la cirugía del cuello.
- 11 **La trócares se inserta a través de una incisión en la axila.**

Fuente: Clínica Universidad de Navarra-2012

Este método es la evolución de la técnica de la laparoscopia. **En 2022, se llevan realizadas en el mundo más de 12 millones de cirugías usando robots, y más de 500 en Argentina con el Robot Da Vinci Xi. En Estados Unidos, hay cerca de 5000 robots operando en este momento, con un crecimiento exponencial en cirugías.**

La **Clínica Colón** de Mar del Plata incluye la puesta en funcionamiento del Robot Da Vinci Xi, sus componentes son:

Una consola quirúrgica ergonómica, donde se sitúa sentado el cirujano para realizar la intervención y que puede ser colocada en cualquier posición alrededor del paciente. El cirujano mueve desde la consola los brazos del robot, visualizando las estructuras anatómicas del paciente por un visor incorporado.

Un carro quirúrgico, donde se encuentran los brazos del robot con su instrumental, que son controlados por el cirujano desde la consola. Incorpora la cámara digital 3D, que incrementa en 10 veces la visión del cirujano.

Una torre de visión, donde se encuentran los equipos específicos para procesamiento de las imágenes y el monitor auxiliar que permite al equipo médico seguir el procedimiento.

El sistema robótico Da Vinci Xi, puede ser utilizado en una amplia gama de procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos en especialidades como Urología, Cirugía General, Ginecología, Cirugía Torácica, Cirugía Cardíaca, Cirugía Pediátrica y Otorrinolaringología, entre otros.

El **Hospital Italiano** realizó la primera cirugía robótica en 2008 con el sistema quirúrgico Da Vinci. Desde entonces, ha llevado a realizar un promedio de 20 cirugías por mes, alcanzando actualmente las 2000 cirugías realizadas. El 95% de estas intervenciones pertenecen al servicio de Urología, mientras que el 5% restante se distribuye entre Otorrinolaringología, Cirugía General, Cirugía Pediátrica y Ginecología, entre otras especialidades.



Robot Da Vinci Xi

Otras instituciones que tienen actualmente esta tecnología en el país son: el **Complejo médico policial Churruca-Visca** de Cap. Federal, el **Hospital Escuela de Agudos “Dr. Ramón Madariaga”** de Posadas (Misiones), **Sanatorio Finochietto** en Capital Federal.

4.5.6- El robot “Rosa” del Sanatorio de la Trinidad Palermo

El Sanatorio de la Trinidad Palermo, de la Ciudad de Buenos Aires, se convirtió en pionero al incorporar robots para operaciones de cadera y rodilla. La programación de la cirugía se realiza utilizando imágenes 3D obtenidas mediante tomografías, lo que permite que el robot esté preparado para realizar los cortes óseos con la mayor precisión posible. Esta técnica quirúrgica, conocida como Fast Track, apunta a que el paciente pueda recibir el alta en un plazo de 48 horas y retomar sus actividades esenciales. También, reduce la necesidad de analgésicos, lo que mejora la calidad de vida del paciente durante el proceso de recuperación.



El robot "Rosa" del Sanatorio de la Trinidad Palermo

4.6- Ejemplos a nivel mundial

4.6.1- Clínica Universidad de Navarra, España.

Este hospital hace uso de la IA integrando el registro electrónico de pacientes, mejorando los flujos de trabajo médico, así como también su asistencia. Permite compartir información de valor entre las diferentes unidades y departamentos, optimizando la comunicación interna del equipo.

Cuenta con 2 quirófanos inteligentes híbridos con el que se puede controlar en remoto el funcionamiento de todos los equipos que forman parte del quirófano (lámparas, monitores, cuadros de manos, etc). Además, también se lleva a cabo un sistema de monitorización ambiental y una gestión general de las instalaciones contactada a una plataforma de operaciones integrada.

Otras de las características de estos quirófanos es que facilitan el trabajo multidisciplinar. Los cirujanos y los radiólogos intervencionistas podrán trabajar de manera coordinada dentro quirófano.

Los nuevos quirófanos permiten obtener imágenes en 3D con baja dosis de radiación para un mayor beneficio del paciente y los profesionales.

Los resonadores magnéticos tienen mayor potencia utilizada, proporcionan imágenes de mayor calidad en menor tiempo.



Interior quirófano, Universidad Navarra, Madrid - Sala de resonancia magnética.

Cuenta con Resonancia intraoperatoria de alta complejidad que trabaja en conjunto con dos equipos de radiología robotizada aumentando la precisión en las intervenciones quirúrgicas. Un detector plano y un tubo de rayos X en un arco móvil de 6 ejes permite alcanzar en la práctica cualquier posición para obtener la imagen óptima de cada paciente y en cualquier momento del procedimiento radiólogos, cirujanos trabajan en simultáneo.

4.6.2 Centro Médico, Israel



Fachada Centro Médico Sheba–Tel HaShomer. Imagen EDC.

El Centro Médico Sheba–Tel HaShomer recibe más de 1 millón de pacientes al año y forma parte de la codiciada lista de los mejores hospitales inteligentes del mundo. De hecho, este inmenso centro sanitario es una de las instalaciones más grandes de todo Oriente Medio.

A través de su ambicioso programa de innovación llamado ARC (Acelerar, Rediseñar y Colaborar), ha logrado implementar soluciones que utilizan la IA y el big data para transformar y mejorar la atención sanitaria.

El centro Sherba ha creado una vasta fuente unificada de datos, listos para ser analizados y medidos minuciosamente. Una de las mejoras más recientes fue durante la pandemia. En poco tiempo consiguieron, a través de una sola plataforma como Nexus Integra, cruzar múltiples fuentes de datos para proporcionar a los gestores del hospital toda la información sobre los contagiados en un solo panel de control.

Gracias a esta herramienta, se consiguió hacer un exhaustivo seguimiento de todos los pacientes, incluso, predecir el estado de todos ellos en las siguientes 6 horas.

“Este es un hospital futurista e inteligente – con tecnología habilitada para crear un entorno de curación holístico que se extiende más allá de las cuatro paredes del hospital”, dijo el Dr. George Cheriyan, director ejecutivo corporativo y director médico. “KHAMH se basa en el concepto del futuro de la salud con la idea de bienestar y preservación de la salud. Los diseños incorporan elementos naturales de la luz y la vegetación que mejoran los sentidos humanos y los acercan al medio ambiente para facilitar la curación a través del cuidado compasivo del lado humano y también para brindar una experiencia del paciente digitalizada y bien informada”.

4.6.3- Hospital Israelita Albert Einstein, San Pablo, Brasil

En su historia el hospital nació como compromiso hacia la comunidad judía brasileña, ofrecerle una referencia en prácticas médicas de calidad. La actuación en responsabilidad social comenzó en la década del 60, cuando la pediatría asistencial atendió gratuitamente niños de la región de Morumbi, sin fines de lucro, en el año 1971 la ONG inauguró el hospital.

Hoy día es uno de los Hospitales de referencia para tratamientos con tecnología de punta y atención humanizada expandiendo fronteras mediante acciones de responsabilidad social y actividades de enseñanza e investigación, recibiendo pacientes a nivel mundial. Cuenta con quirófanos dedicados a la cirugía robótica, donde también se ubican equipos de simulación de cirugías dedicados a la formación de profesionales.



Equipo de simulación. Fuente: La nación.

El diseño arquitectónico se pensó como un oasis urbano y se dispone en su centro un jardín de árboles y plantas, con cinco pisos circulares compuestos por aulas, residencias médicas y laboratorios forman un área de convivencia entre estudiantes, médicos, profesores e investigadores.



Imagen interior, Archivo la nación - Nelson Korn

El centro de investigación se dedica a seis grandes especialidades: oncología, vacunas e inmunología, terapia intensiva, neurología, cardiología y estudios clínicos. Para eso hoy cuenta con 45 investigadores a tiempo completo que ejecutan más de 800 proyectos de investigación.

5- Una mirada a los Quirófanos

5.1- Clasificación de quirófanos

A continuación, analizaremos los tipos de quirófanos y sus características particulares, excluyendo las áreas complementarias a los mismos. La Resolución 810 _ 2020 Anexo 1,

del Ministerio de Salud Argentino - “CENTRO QUIRÚRGICO ESTABLECIMIENTOS CON INTERNACIÓN Directrices de Organización y Funcionamiento”, establece 3 tipos de quirófanos: polivalente, híbrido y robotizado.

QUIROFANO POLIVALENTE	
Definición	Para cirugía de Bajo, Mediano y Alto Riesgo: GENERAL, de ESPECIALIDADES y/o ESTUDIOS y TRATAMIENTOS (programados y/o de urgencia/emergencia).
Piso	Conductivo
Zócalo	Sanitario
Paredes	Todos los elementos que se instalen en la pared y cielorraso estarán empotrados (negatoscopios, paneles, artefactos de iluminación, etc.) evitando los salientes, los estantes y armarios. Se minimizará tanto como sea posible el número de puertas al quirófono. La entrega de material podrá realizarse mediante ventanas tipo guillotina. Los encuentros entre paredes y entre pared-cielorraso deben ser redondeados tipo sanitario.
Ventanas	En caso de existir serán fijas y herméticas. Con protección de visuales.
Puertas	El ancho libre de las puertas deberá permitir el normal acceso de una cama, camilla o silla de ruedas. La mínima luz útil admisible de paso será de 1.20m. Se recomienda 1,60 m.
Medidas	20 a 36 m ² y los de 40 a 48 m ² con flujo laminar
Cielorraso	Serán continuos y el acabado de la superficie liso para permitir una fácil limpieza. Además, serán herméticos y sellados convenientemente para evitar la contaminación procedente del espacio situado encima de ellos. Altura mínima entre piso y cielorraso 3m (3,80m para quirófono con flujo laminar) y altura mínima entre cielorraso y losa: 0,50 m.

Revestimiento	Los materiales de acabados utilizados deben ser lisos, sin irregularidades en la superficie, sin fisuras, continuos, minimizando el número de juntas (en caso de existir), con el objeto de reducir la acumulación de partículas o microorganismos y facilitar la limpieza de la manera más efectiva posible. Los materiales deben ser impermeables y resistentes a la repetida y frecuente aplicación de productos de limpieza, los ácidos u otros agentes desinfectantes.
Gases medicinales	Contará con abastecimiento y suministro de gases medicinales: 2 bocas de oxígeno, 2 de vacío, 1 de aire comprimido y 1 de óxido nitroso.
QUIROFANO HIBRIDO	
Definición	Para cirugías de trasplantes, neurocirugía, cirugía ortopédica de trauma, cirugía de tórax, entre otras. Combina las instalaciones diagnósticas y quirúrgicas. Sala quirúrgica con arco en C con mesa y/o con Resonador (en local anexo). Contará como apoyo, con locales diferenciados para comando y sala de máquinas, contiguos a la sala.
Medidas	Con Equipo Rx Arco en C: 50 m ² Con Resonador anexo: 70 m ²
Cielorraso	Altura mínima entre piso y cielorraso 3,80 m, dependiendo del equipo seleccionado y altura mínima entre cielorraso y losa: 0,50 m.
Revestimiento	Deberá incluir blindaje plomado según requisito de Radiofísica Sanitaria.
Climatización	El local deberá contemplar acondicionamiento térmico, con posibilidad de presión negativa o positiva, para lo cual la circulación de ingreso estará diferenciada del resto, actuando como antecámara de acceso.
Gases medicinales	Contará con abastecimiento y suministro de gases medicinales (2 bocas de oxígeno, 2 de vacío y 2 de aire comprimido)
Piso, zócalo, paredes, puerta, ventana ídem a quirófano polivalente.	
QUIRÓFANO ROBÓTICO	

Definición	Para cirugías cardíaca; torácica; digestiva; urológicas; ginecológicas, tiroideas, vascular, plástica y neurocirugía, entre otras. El sistema “robotizado” consta de tres partes: consola, torre laparoscópica y carro quirúrgico, ubicados preferentemente en dos (2) locales (quirófano y local consola) ó en un único local (quirófano). Ver 4.5.5- Robot Da Vinci
Dimensiones	Quirófano robotizado, incluye consola: 52 m2 a 65 m2 Quirófano robotizado, incluye consola en local separado 69 m2
Revestimiento	Deberá incluir blindaje plomado según requisito de Radiofísica Sanitaria.
Gases medicinales	Ídem híbridos
Piso, zócalo, paredes, puerta, ventana ídem a quirófano polivalente.	

Cuadro de elaboración propia. Fuente: CENTRO QUIRÚRGICO ESTABLECIMIENTOS CON INTERNACIÓN Directrices de Organización y Funcionamiento. Ministerio de Salud Argentina. http://www.legisla.gov.ar/pdf/msres810_2020anexo1.pdf

Las tres modalidades de quirófanos antes citados reúnen las siguientes características en cuanto a:

EQUIPAMIENTO
El equipamiento se establece según nivel de complejidad y varía según los procedimientos quirúrgicos a realizar.
ELECTRICIDAD E ILUMINACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Contará con puesta a tierra de toda la instalación. • Las instalaciones poseerán dispositivos de seguridad eléctrica: protección termomagnética y disyuntor. • Contará con instalación o dispositivos para luz de emergencia en accesos, y circulaciones. • Deberá poseer un sistema de energía eléctrica de emergencia (grupo electrógeno general o propio con capacidad mínima de funcionamiento para 5 horas) para los quirófanos, sala de tratamiento, puestos de observación y office de enfermería.

- Responderá a lo establecido por el Reglamento de la Asociación Electrotécnica Argentina para Instalaciones de uso hospitalario. Se recomienda la utilización de artefactos de bajo consumo (tipo led).

CLIMATIZACIÓN

- Se recomienda la existencia de un climatizador y un extractor por quirófano.
- Los climatizadores del bloque quirúrgico serán de uso exclusivo e independiente del resto del hospital.
- La toma de aire debe ser del 100% exterior y cuidar la situación de la misma.
- Debe estar en funcionamiento las 24h.
- La distancia que separa el climatizador del quirófano, debe ser lo más corta posible.
- Los conductos lo más cortos posible y que posibiliten la limpieza.
- Los caudales de aire deberán responder a normativas nacionales e internacionales vigentes.
- Construcción higiénica.
- Posibilidad de recuperación de la energía.
- Tres etapas de filtrado, con filtro HEPA (del inglés High Efficiency Particulate Air, filtro de aire de alta eficiencia) terminal.
- Mantener presión positiva respecto a las zonas adyacentes.
- Posibilitar un mínimo de 15 a 20 renovaciones /hora.
- El aislamiento acústico.
- Debe mantenerse limpia la sala de climatización.

SEGURIDAD

Deberá disponer de un Plan de evacuación en caso de siniestros, salidas de emergencia debidamente señalizadas, matafuegos autorizados según autoridad competente y reglamentación vigente. Las unidades deberán contar con los medios de escape alternativo que corresponda según norma. Deberá contar con detectores de humo en todos los locales de atención, locales técnicos y circulaciones. (centro quirúrgico)

SEÑALÉTICA

Todos los locales deberán estar señalizados según su función y los quirófanos deberán identificarse individualmente (centro quirúrgico).

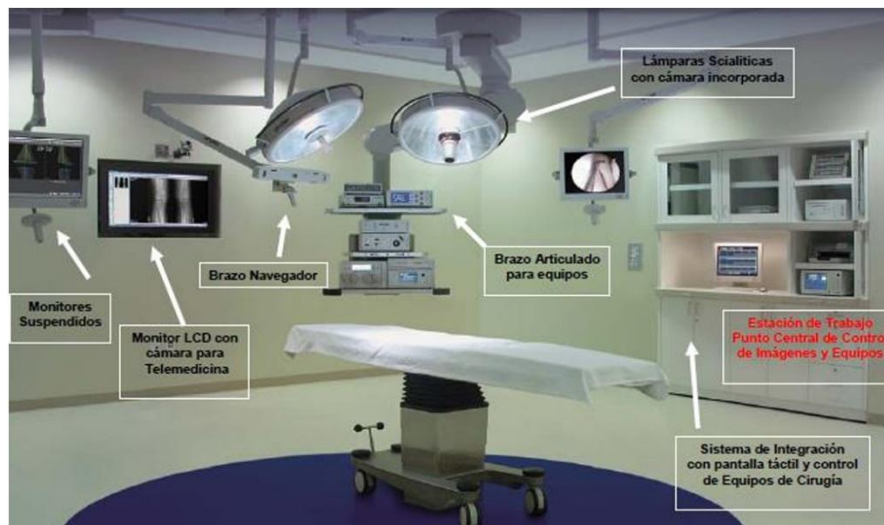
Cuadro de elaboración propia. Fuente: CENTRO QUIRÚRGICO ESTABLECIMIENTOS CON INTERNACIÓN Directrices de Organización y Funcionamiento. Ministerio de Salud Argentina. http://www.legislaud.gov.ar/pdf/msres810_2020anexo1.pdf

Cabe mencionar que las características expuestas anteriormente responden a la normativa vigente para instituciones públicas y privadas según el Ministerio de Salud Argentino, a fin de considerarse como base normativa mínima debiendo analizarse cada situación en particular.

5.2- Quirófanos inteligentes

Los avances en la tecnología dieron origen a los quirófanos inteligentes también denominados smart, digitales o integrados, **son un lugar centralizado que integra todos los datos quirúrgicos**. Desde detalles del paciente, fuentes de software, imágenes de CT o ultrasonido, listas de verificación, temporizadores y videos del quirófano, todo se muestra en un único dispositivo diseñado para admitir conexiones digitales dentro y fuera del quirófano.

La diferencia más significativa entre un quirófano inteligente y un quirófano tradicional es su capacidad de **ofrecer conectividad más allá de los límites del quirófano**.



Fuente: quirofano.net

Son salas quirúrgicas, altamente funcional que conjuga la distribución de los equipos médicos e instalaciones. Son quirófanos de múltiples especialidades, ergonómico, con integración de equipos, manejo digital de la información y conectividad con el exterior ya que admiten Tele-OR, lo que hace posibles consultas en tiempo real con otros médicos. El equipo quirúrgico se extiende fuera del quirófano, ya que los cirujanos pueden acceder a asistencia remota sin demora.

Están equipados con dispositivos avanzados de imágenes diagnósticas de alta calidad, que combina una gama de servicios de intervención (imágenes médicas, como resonancia

magnética y tomografía intraoperatorias) y quirúrgicos en un solo lugar, sin necesidad de realizar traslados del paciente. El quirófano inteligente es el resultado de dos necesidades básicas a nivel hospitalario: mejor calidad en el cuidado de los pacientes y mayor costo eficiencia, dichas salas satisfacen estas demandas, al combinar tecnologías mínimamente invasivas con imágenes de alta calidad y comunicación en un solo espacio.

El Quirófano inteligente está compuesto por varios elementos que podemos segmentar esencialmente en lo siguiente: *Tecnología HD, Brazos, Centros de Control y Centro de Video y Sonido.*

BENEFICIO	EQUIPAMIENTO	RESULTADO
Conectividad	Hub de Video & Sonido	Telemedicina Educación
Integración y control	Centro de Control	Integración de digital de la información Adaptación según procedimientos quirúrgicos o según profesional médico Respaldo legal
Productividad	Brazos de Equipos	Reducción de tiempo entre cirugías Ergonomía Minimización del riesgo de accidentes
Actualización	Tecnología de Alta Definición ("High Definition")	Atracción y retención de mejores profesionales Mejores resultados quirúrgicos

fuentes: quirófano.net - quirófano inteligente

Si bien cada fabricante utiliza una denominación en particular para cada uno de los componentes y recursos que constituyen sus sistemas, en general, la configuración de un quirófano integrado se compone básicamente de: *1. Sistema de soporte de equipamiento y suministro. 2. Equipamiento Biomédico. 3. Sistema de Control, Gestión e Integración.*

5.2.1- Sistema de soporte de equipamiento y suministro

Constituido por unidades de soporte y brazos montados en el techo para albergar el equipamiento biomédico, los equipos y dispositivos del sistema de control, gestión e integración (tales como pantallas, monitores, cámaras de vídeo) **y demás recursos e instrumental necesarios para atención del paciente.** El suministro de: energía eléctrica, gases medicinales (oxígeno, aire comprimido, óxido nitroso, CO2), vacío, evacuación de gases residuales y puntos o tomas para data y comunicación.

*Fuente: torre de conexiones colgada de un brazo articulado
 "Diseño de un quirófano inteligente" J.A.Cue Palero-ETSII-
 UPM-2019*



Fuente: detalle del soporte de la torre de conexiones anclada a estructura "Diseño de un quirófano inteligente" J.A.Cue Palero-ETSII-UPM-2019

Aumenta la eficacia del trabajo dentro del quirófano, mejora el acceso al paciente, optimiza las condiciones de trabajo, evita la presencia de cables en el piso logrando mayor seguridad y permitiendo la limpieza más rápida, libertad de giro facilitando la rápida disposición de equipos durante las cirugías. Permite al personal diferentes ángulos de visión consiguiendo posiciones de trabajo ergonómicas en todo momento. Los brazos pueden ser fijos o móviles y de altura variable.

5.2.2 - Equipamiento biomédico

Todos los quirófanos disponen de un conjunto de equipos biomédicos, los cuales pueden agruparse en: equipos biomédicos de uso general y equipos biomédicos de aplicación funcional específica de acuerdo a la especialidad quirúrgica. Los equipos de uso general son: unidad de anestesia con sistema de monitoreo, mesa de operaciones eléctrica, lámpara quirúrgica de techo, electrobisturí, bomba de infusión, aspirador de secreciones para sala de operaciones, desfibrilador con monitor y paletas externas.

En el caso de los equipos de aplicación funcional específica, en el siguiente cuadro se indican los más representativos:

ESPECIALIDAD	EQUIPO
TRAUMATOLOGÍA	Video Artroscopio, Perforador para traumatología

GINECOLOGÍA	Histeroscopia
UROLOGÍA	Video Cisto resectoscopia
NEUROCIRUGÍA	Microscopio de Neurocirugía
TÓRAX y CARDIOVASCULAR	Máquina de Circulación Extracorpórea
CIRUGÍA	Equipo de Cirugía Laparoscópica
OFTALMOLOGÍA	Facoemulsificador, Vitreofago, etc.

5.2.3 - Sistema de Control, Gestión e Integración

5.2.3.1- Sistema de control

Este sistema permite disponer de un control centralizado de: los equipos biomédicos (equipo de endoscopia, electrobisturí, lámpara quirúrgica, mesa de operaciones), los equipos / dispositivos periféricos (cámaras, pantallas, altavoces, reproductores de CD/DVD, etc.) y todas las demás funciones y recursos disponibles relacionados a la gestión de la documentación y telemedicina que se hayan integrado en la configuración del quirófano.



Fuente: Etkho - quirófanos inteligentes

La interfaz de control central se ubica en la zona estéril del campo operatorio y se realiza ya sea a través de una pantalla táctil y/o mediante un control por voz (micrófono y auricular inalámbrico). Adicionalmente, el control puede efectuarse por mando a distancia o directamente en los equipos. Se puede disponer de un control adicional desde la estación de trabajo del personal asistente. Entre las características generales se tiene:

- Tipo de monitor (TFT / LCD)
- Compatibilidad con equipos/dispositivos de otros fabricantes.
- Control por Voz: Mediante comandos acústicos emitidos a través de un dispositivo inalámbrico (auricular y micrófono) se puede operar y controlar los dispositivos y equipos desde la zona estéril del quirófano.

5.2.3.2- Sistema de gestión

Se encarga del manejo y administración en tiempo real de toda la información, funciones y recursos involucrados en el proceso quirúrgico. Principales características:

- Registro y grabación digital de: imágenes fijas, secuencias de audio y vídeo, comentarios hablados.
- Almacenamiento y acceso a las historias clínicas electrónicas de los pacientes.
- Medios de almacenamiento: CD-ROM, DVD, Disco Duro, Circuito de Red.
- Formatos de Imágenes: BMP, JPG, TIFF.
- Formatos de Vídeo: MPEG1, MPEG2, MJPEG.
- Formatos de audio: WAV.
- Resolución de imágenes fijas: PAL/NTSC.
- Resolución de secuencias de vídeo.
- Conexión a HL7, Conexión a DICOM, Conexión a RIS.
- Impresión. - Edición de informes.



Fuente: Etkho - quirófanos inteligentes

5.2.3.3- Sistema de integración

Plataforma constituida de hardware y software utilizada para la conexión, compatibilidad y comunicación de los equipos, dispositivos y demás recursos permitiendo la funcionalidad de los sistemas de control y gestión. Debe tenerse en consideración que la integración comprende tres niveles:

-Primer nivel: entre los equipos y periféricos existentes dentro del quirófano.

-Segundo nivel (Intrahospitalario): con otros quirófanos y/o unidades funcionales del centro quirúrgico y/o de otros servicios o áreas del hospital (Ayuda al Diagnóstico, Patología Clínica, Auditorio, Archivo de Historias Clínicas, etc.)

-Tercer nivel (extra hospitalario): Integración con otros centros asistenciales, centros de docencia, etc. Los recursos del sistema de integración (hardware y software) deben ser compatibles con los protocolos estándares de comunicación DICOM y HL7 y capacidad de poder integrarse perfectamente con los sistemas de información para Hospitales (HIS, RIS, PACS).

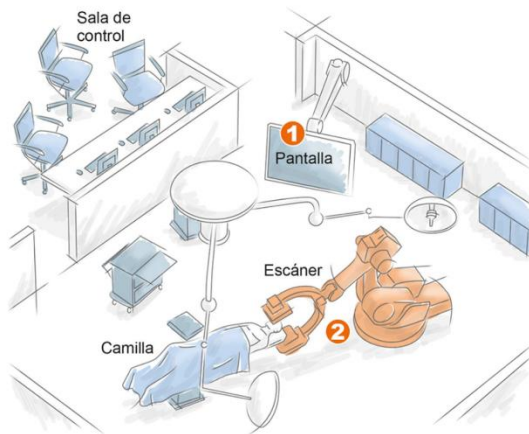
5.3- Quirófano Híbrido

Ya mencionados anteriormente, son salas de operaciones que **combinan tecnología de imagen médica 3D de alta definición, con cirugía avanzada para realizar pruebas y procedimientos diagnósticos y terapéuticos al mismo tiempo.** Un espacio de trabajo único que combina equipos de imagen con una mesa quirúrgica multifuncional.



Quirófano híbrido

- 1 Sistemas de imagen avanzados para angiografías y cirugía menos invasiva y más precisa.
- 2 Escáner para mostrar la anatomía en 3D durante la operación.



Principales aplicaciones

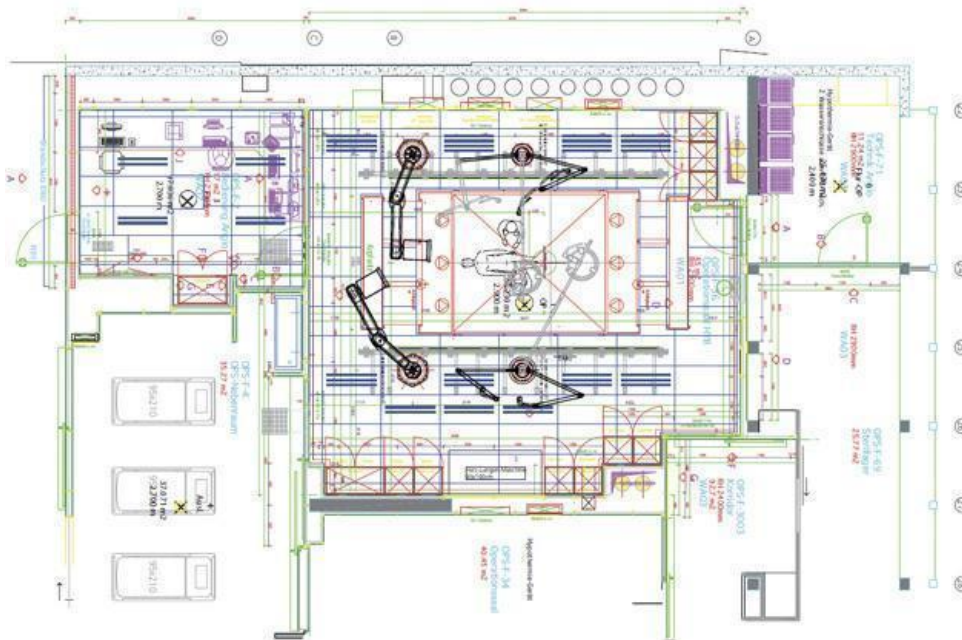


*Fuente: Opciones tecnológicas en quirófano
Información sobre las diferentes tecnologías en
la cirugía estándar e híbrida. 2020- Hill-Rom*

Services, inc.

*Fuente: Clínica Universidad de Navarra.
Los cirujanos y los radiólogos trabajan
coordinadamente. Beneficiando los
procedimientos en cirugías oncológicas,
neurocirugía, de urología y ginecología. Los
quirófanos híbridos permiten obtener
angiografías e intervenciones mínimamente
invasivas vasculares para cirugías vasculares y
cardíacas. Además, se pueden obtener
imágenes en plena cirugía, lo que otorga a los
cirujanos comprobar la eficacia de la
intervención antes de que finalice.*

Fuente: El Hospital Universitario de Zúrich (Suiza)



Cuenta con el innovador montaje en techo FlexMove de Philips para el arco en C en combinación con el sistema de mesa de operaciones Maquet Magnus. FlexMove permite mover el sistema de angiografía de manera lateral y longitudinal y, con ello, que médicos y cirujanos lleven a cabo complejos procedimientos híbridos y endovasculares sin tener que desplazar la mesa.

Las adaptaciones híbridas incorporan imágenes de tipo tomografía computada y resonancia magnética entre otras clases como el arco C en la operación. Aumenta la seguridad del paciente y reduce los costos y tiempos del sistema de salud.

Los dispositivos de imágenes representan el 50% del presupuesto total en la instalación de un quirófano híbrido.

La modernización de quirófanos existentes o la construcción de quirófanos inteligentes o quirófanos híbridos requieren flexibilidad al momento de evaluar la inversión, es una tarea interdisciplinaria, donde se analizan exhaustivamente todos los requisitos que debe reunir el futuro quirófano.

6- Conclusiones

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la **salud digital** como el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) para mejorar la salud y los servicios de salud. Las aplicaciones móviles actuales permiten realizar consultas médicas en línea, gestionar la salud y tomar parte activa en el autocuidado. Además de dispositivos de control, como los que se conectan a los teléfonos inteligentes, que permiten medir la presión arterial, la frecuencia cardíaca, niveles de azúcares en sangre, programar el envío de mensajes de textos automatizados con alertas para el recordatorio de toma de medicamentos, es otra forma de contribución al control de la salud. La salud digital también incluye tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el big data. La incorporación de Inteligencia Artificial en el ámbito de la salud está cambiando a la industria y recién está comenzando.

Empresas a nivel mundial con sistemas Matabiota, BLueDot recopilan datos de todo el mundo buscando llegar a predecir brotes de enfermedades utilizando como herramienta la IA, las más recientes Ebola 2014, pronóstico con precisión la propagación mundial, Zika 2016, reveló con precisión un brote local del virus en Florida seis meses antes de que ocurriera, Covid-19 2019, alertó a sus clientes sobre la amenaza del covid-19 cinco días antes de la OMS. Un desarrollo de esta magnitud beneficiaría la calidad de vida de las personas, así como la disminución de riesgos de mortalidad. Actualmente en nuestro ámbito, *solo se utiliza el 3% de los **datos** que generan los hospitales*. Una mayor eficiencia (reducción de costos y optimización de recursos) en el servicio sanitario mejorará el acceso a la población general. Si tomamos en cuenta la inequidad en la distribución del acceso a la salud de la población, de los diferentes países, es evidente que *hacer más eficiente la información para la toma de decisiones respecto a los recursos a utilizar, constituirá un instrumento que garantizará un mejor acceso de la población de menores recursos*. Por lo tanto, es imperativo tomar medidas para incluir estas herramientas en los países subdesarrollados o en vías de desarrollo.

Las tendencias en salud en tecnología se orientan al uso creciente de la robótica desde el transporte de comida y apoyo en suministros, tareas de limpieza o desinfección, tareas administrativas, almacenamiento y distribución de medicamentos hasta asistencia quirúrgicas, incipientes aún en nuestro país, pero en incremento exponencial a nivel global.

Las salas quirúrgicas, a nivel mundial, experimentan una constante incorporación de nuevas tecnologías, que representan una valiosa herramienta para los profesionales de la salud, además de seguridad y bienestar para el paciente. Los quirófanos tienden a ser inteligentes, algunos además pueden ser híbridos y/o incluir tecnología robótica.

Como arquitectos el desafío es promover el uso de estos avances tecnológicos, atentos a brindar la respuesta espacial ya sea para nuevos edificios o para los existentes, en todo espacio de asistencia médica. Encontrando como limitantes actuales:

1- Estos avances representan un incremento en el costo general, por lo cual requiere un análisis exhaustivo del costo-beneficio, costos de mantenimiento, costo de perfeccionamiento del personal sanitario, el tiempo de obsolescencia programada de software y equipos y cómo repercuten en el valor final de la salud del paciente.

2- Aceptación de las mismas, por los pacientes en cuanto al incremento de honorarios médicos y “amigabilidad tecnológica”; y por el personal médico, ya que obliga a una constante actualización.

3- La heterogeneidad de condiciones según la localización geográfica, nos obliga a desistir de su uso en lugares que no cuentan con la infraestructura (un buen nivel de internet y servicio de red eléctrica) necesaria para su implementación.

Consideramos que esta tecnología, al igual que muchas a lo largo de la historia, obra a nuestro beneficio y debemos adoptarla como una herramienta de uso cotidiano adaptándonos a su implementación, en nuestro caso particular, como diseñadores de espacios para la salud.

7- Bibliografía

- <https://www.gustavo-dark.com/Proteccion-Radiologica-Applicaciones-medicas-de-las-radiaciones-ionizantes-equipos-instalaciones-y-practicas-aspectos-de-proteccion-radiologica/>. <https://www.academia.edu>
- Olfa Boubaker , en *Teoría del control en la ingeniería biomédica*, 2020
- Roca, M. (17 de Abril de 2021) *Protonterapia en Argentina: ¿cuáles son los avances de la medicina nuclear en el país?* Infobae. <https://www.infobae.com/def/desarrollo/2021/04/17/protonterapia-en-argentina-cuales-son-los-avances-de-la-medicina-nuclear-en-el-pais/>
- Universidad Autónoma de Madrid- Blog: Instituto de Ingeniería del conocimiento, Escritora Julia Diaz . <https://www.iic.uam.es/lasalud/realidad-inteligencia-artificial-salud/>
- Ferrer, J. (2014) *La fundación escuela de medicina nuclear de Mendoza como ejemplo de un servicio a la comunidad con alcance federal*. Buenos Aires: OETEC Infraestructura para el desarrollo.
- Dra. Berta Roth. “Medicina Nuclear y sus Beneficios para la Salud Pública”. Conferencia (<https://www.youtube.com/watch?v=GWTiSCaOyHE>)
- 2022. “¿En qué consiste la Medicina Nuclear?” <https://www.sne.es/preguntas-y-respuestas/varios/medicina-nuclear.brainlab.com/es/digital-o-r/>
- Learning Heroes. *Cirugía robótica: aplicaciones con IA*. <https://www.learningheroes.com/aprende-inteligencia-artificial/robotica-y-ia-en-cirugias-avances-y-desafios>
- Abraham Jimenez, Arq., *Innovación en el Pínearq*. 2023. *El impacto de la inteligencia artificial en el edificio hospitalario*. <https://hospitecna.com/tecnologia/inteligencia-artificial/impacto-inteligencia-artificial-edificio-hospitalario/>

- *Adolfo Barroso, Digital Buildings and Segments Director en Schneider Electric | ENERO 2023. Hospitales inteligentes para responder a retos sin precedentes*
<https://hospitecna.com/tecnologia/iot-internet-de-las-cosas/hospitales-inteligentes-retos-sin-precedentes/>
- *Hospitecna. Septiembre 2022. La inteligencia artificial en el sector salud: oportunidades e inconvenientes.* <https://hospitecna.com/tecnologia/inteligencia-artificial/ia-hospitales-oportunidades-inconvenientes/>
- *Ing. Brian Zambrana, Arq. Paula Otta, Arq. Cecilia Sayago (2023) INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA: El Camino hacia la Transformación de los Hospitales. DIPLOMATURA EN GESTIÓN Y DISEÑO DE EDIFICIOS PARA LA SALUD 1*
- *Ing. Luciano Tourn. Inteligencia Artificial en las operaciones hospitalarias.*
<https://aadaih.org.ar/anuario2023/2023/08/26/inteligencia-artificial-en-las-operaciones-hospitalarias/>
- *Infobae. (24 Sep, 2024) Tecnología robótica: qué avances trae para las cirugías de cadera y rodilla a tres años de su implementación en Argentina.*
<https://www.infobae.com/inhouse/2024/09/24/tecnologia-robotica-que-avances-trae-para-las-cirugias-de-cadera-y-rodilla-a-tres-anos-de-su-implementacion-en-argentina/>
- *La Capital. (4 de diciembre de 2023) El Programa Legado de Bayer impulsa un proyecto de robótica para rehabilitación neurológica.*
- <https://www.ospat.com.ar/blog/el-avance-de-la-robotica-y-la-inteligencia-artificial-en-salud/>
- *Fundación Instituto Roche: Informe Inteligencia Artificial en salud, Retos éticos y legales.*
https://www.institutoroche.es/static/archivos/Informes_anticipando_RETOS_ETICOS_DEF.pdf
- *Nexus Integra .* <https://nexusintegra.io/es/top-7-smart-hospitals/>

- <https://www.lacapital.com.ar/informacion-general/el-programa-legado-bayer-impulsa-un-proyecto-robotica-rehabilitacion-neurologica-n10105153.html>
- [15] 8vo congreso nacional. Ingeniera informática/sistemas de información. CONAIIISI. Universidad tecnológica nacional , facultad de san francisco. La inteligencia artificial y el descubrimiento de nuevas vacunas. Monroig lucas , y otros. Pagina 4
https://grupogemis.com.ar/wp-content/uploads/2021/12/IA_Vacunas.pdf
- Nota diario digital ThinkBig .La inteligencia artificial capaz de diseñar medicamentos desde cero. Especialista en generacion de contenidos tecnologicos Paloma Recuero
<https://blogthinkbig.com/inteligencia-artificial-disenar-medicamentos>
- Artículo diario digital E1, Universidad de noticias y opinión. fecha 17 de septiembre de 2023. <https://www.el1digital.com.ar/sociedad/hospital-rene-favaloro-el-primer-nosocomio-publico-argentino-con-inteligencia-artificial-asociada-a-respiradores/>
- https://www1.hospitalitaliano.org.ar/landing/innova-salud-digital/sites/default/files/2022-09/11_RevistaInnovaSaludDigitalN1_2020v2.pdf -pág.16,17,18.
- <https://www.fleni.org.ar>
- <https://www.garrahan.gov.ar>
- <https://www.sanatoriofinochietto.com/NovedadesPacientes/DaVinciXi>
- <https://www.hospitalitaliano.org.ar/#!/home/comercial/noticia/168022>
- <https://barcelonainternationalhospitals.com/hospital/sant-joan-de-deu-barcelona-childrens-hospital/>
- Sitio web: Universidad de Navarra ¿Quienes somos? , Quirofanos Híbridos.
<https://www.cun.es/quienes-somos/la-clinica/tecnologia/quirofanos-hibridos>
- http://www.legisalud.gov.ar/pdf/msres810_2020anexo1.pdf
- <https://saludbydiaz.com/2024/02/19/modernizacion-de-los-quiroyfanos-evolucion-del-quiroyfano-digital/>

- https://www.essalud.gob.pe/ietsi/BOLETINES_TECNOLOGICOS/pdf/boletin_tecnologico_005_2019.pdf
- *Seisamed M.R. Diferencias y similitudes entre los tipos de quirófanos.*
<https://www.seisamed.com/diferencias-y-similitudes-entre-los-distintos-tipos-de-quirofanos>
- *Quirofano Inteligente* <https://www.quirofano.net/areas-quirofano/quirofanointeligente.php>