

















Identificación de Tendencias Tecnológicas Sector Salud





PRESENTACIÓN

La Universidad Autónoma de Aguascalientes tiene el firme compromiso de estrechar los lazos de cooperación con los sectores productivos del estado y de la región, a partir de la articulación de las funciones sustantivas de la institución para su interacción efectiva con el entorno socioeconómico.

Como muestra de dicho compromiso, la Universidad, a través de la Dirección General de Difusión y Vinculación, ha puesto en marcha el desarrollo de estudios sectoriales orientados a la identificación de las brechas tecnológicas y las oportunidades de vinculación, con miras a la innovación y el desarrollo tecnológico.

El presente estudio se dirige al sector salud, con énfasis en la aplicación de tecnología para su habilitación, cuyo objetivo consiste en identificar las tendencias tecnológicas a nivel internacional y las principales necesidades de este sector en el estado y la región, para reconocer las áreas y temas de trabajo en los que la UAA podría contribuir en la mejora de la competitividad.

El sector salud es de suma importancia para el desarrollo económico, al tener un impacto directo en la competitividad de un país. A partir de la pandemia causada por la COVID-19, este sector ha evolucionado. Para su eficiencia, resulta necesaria la aplicación de tecnología, por lo que la investigación y el desarrollo tecnológico se tornan esenciales.

La Universidad identifica con claridad la fortaleza del sector salud y por ello cuenta con líneas de investigación en distintos campos del área, además de la propiedad intelectual registrada, con lo que más de 80% de los registros corresponden justo a este sector.

La identificación de brechas tecnológicas y temáticas relevantes para el sector salud permitirá:

- Guiar la labor de la investigación básica y aplicada en pro de investigaciones y desarrollo tecnológico con enfoque en las necesidades reales del sector productivo y de la comunidad.
- Identificar los temas de vinculación con el sector productivo, orientados al desarrollo de proyectos de valor.
- Describir las oportunidades de desarrollo de servicios en la institución.

Emisión: Mayo del 2022

ÍNDICE

PRESENTACIÓN	2
ÍNDICE	3
OBJETIVO	5
Objetivos específicos	5
Alcance	5
ANÁLISIS DEL SECTOR	6
Números del sector salud	7
Potencial del sector	8
La pandemia	9
El papel de la ciencia y la tecnología	10
Tecnologías relevantes ante la pandemia	11
Inteligencia artificial (IA)	11
ANÁLISIS DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR	17
Atención de enfermedades	19
Tecnología para el cuidado de la salud	19
Medicina regenerativa	20
Infraestructura	20
Competitividad	21
IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS TECNOLÓGICAS	23
Salud 4.0	23
Telemedicina	26
Salud móvil	26

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS | SECTOR SALUD

	Inteligencia artificial	. 28
	Realidad virtual	. 30
	Internet de las cosas	
	Big data y análisis	. 33
С	ONCLUSIONES	. 35
	eferenciaseferencias	

OBJETIVO

Conocer las principales tendencias tecnológicas en materia de salud a nivel internacional y su relación con las necesidades tecnológicas del sector en la región, así como las capacidades de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) relacionadas con dichas tendencias y necesidades, con la finalidad de identificar las áreas de oportunidad de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico y vinculación con dicho sector.

Objetivos específicos

- Identificar las temáticas y tendencias tecnológicas de mayor relevancia en el sector salud a nivel internacional.
- Identificar las principales necesidades tecnológicas en el sector salud en la región.
- Identificar áreas y temas de investigación, desarrollo tecnológico y vinculación de la UAA en el sector salud que puedan generar un impacto positivo en la productividad y competitividad del sector en la región de estudio.

Alcance

Identificación de tendencias tecnológicas: El estudio considera las principales tecnologías a nivel internacional, de acuerdo con información reciente de agencias internacionales, programas estratégicos nacionales y reportes sectoriales a nivel internacional.

Identificación de necesidades: Este estudio se realiza mediante el análisis de necesidades en la región, identificadas en planes y programas sectoriales, agendas de innovación y otros documentos oficiales de instancias gubernamentales o de instituciones de educación superior.





ANÁLISIS DEL SECTOR

A nivel global, la industria de la salud es primordial para cualquier economía, y la pandemia vivida en 2020 llegó para reforzar este concepto. La salud constituye un bien público imprescindible, se entiende como el sector determinante del bienestar de una sociedad en su conjunto, constituyéndose junto con la educación en la capacidad básica para la productividad, el crecimiento económico y el desarrollo humano (García-Rodríguez, García-Fariñas, Priego-Hernández, & Martínez-Pérez, 2017).

La atención de la salud puede definirse ampliamente como la provisión de productos, equipos y servicios médicos para proteger, extender o mejorar la calidad de vida de las personas. Cada vez más, la industria de la salud abarca una red de proveedores interrelacionados con diferentes áreas de experiencia, todos coordinados en diversos grados en pro de la salud.

La asistencia sanitaria apela, como primer objetivo, a conservar la salud de las personas. En segundo lugar, evitar el deterioro de la salud de la población en función del conocimiento médico y los recursos disponibles. En tercer lugar, recuperar la salud de quienes han enfermado. En cuarto lugar, detectar tan tempranamente como sea posible y evitar el agravamiento de aquellas enfermedades para las cuales aún no se ha identificado una cura. Y, en quinto lugar, aliviar el dolor y minimizar el sufrimiento de los enfermos graves que no pueden ser curados (Tobar, 2016).

Con base en las funciones de la asistencia sanitaria, se definen los niveles de atención que estructuran al sector de forma general, pasando desde la promoción hasta los cuidados paliativos.

Ilustración 1. Niveles de atención sanitaria



Nive

- Atención de patologías complejas que requieren procedimientos especializados y de alta tecnología.
- Estas instituciones cuentan con salas de internación, cirugía, clínica médica, especialidades quirúrgicas específicas, infraestructura para estudios complementarios complejos, unidad de terapia intensiva y unidades coronarias.

2do. Nivel

• Se trata de instituciones de salud con especialización en servicios básicos: clínica médica, pediatría, cirugía general, guardia y maternidad; además de la infraestructura necesaria para realizar exámenes complementarios y los diagnósticos básicos correspondientes a este nivel.

nive

- Establecimientos de baja complejidad, como consultorios, policlínicas, centros de salud, etcétera.





Números del sector salud

- De acuerdo con el estudio global de Research and Market, la industria de la salud tuvo un valor de \$8.45 billones de dólares en 2018 a nivel global, con una tasa de crecimiento de 7.3% desde 2014. Para 2022 se proyecta un valor de \$11.90 billones de dólares, con una tasa de crecimiento de 8.9% (Business Wire, 2019).
- Entre 2020 y 2024 se espera que el gasto en salud aumente a una tasa (CAGR) de 3.9% a nivel mundial, considerablemente más rápido que el 2.8% registrado entre 2015-2019. El crecimiento más rápido se tiene previsto que ocurra en Asia y Australasia (5.3%), en las economías en transición de Europa Central y Oriental (5.2%), y en las más lentas de América Latina (0.7%) (Deloitte Insights, 2021).
- El gasto mundial en atención médica podría alcanzar más de \$10 billones de dólares para 2022 (Smiljanic, 2021).
- Estados Unidos es el país que presenta el mayor gasto en salud, con \$10,224.00 dólares per cápita (Smiljanic, 2021).
- México presenta un gasto per cápita en salud de \$1,198 dólares, de los cuales 607 corresponden al gasto de gobierno y el resto al gasto privado de los hogares (OCDE, 2020).
- La asistencia de salud absorbe más de 10% del PIB de la mayoría de los países desarrollados.
 En EE.UU., esta cifra se acercó a 18% a finales de 2019 (Smiljanic, 2021). En México, el presupuesto para este sector representó 2.5% del PIB (Velázquez, 2019).





Potencial del sector

Ninguna industria se encuentra tan fuera de lugar con respecto a las condiciones macroeconómicas mundiales como el sector salud. Más allá del miedo por una fase de estancamiento, crecimiento insuficiente o una recesión en el sector, los expertos y grandes participantes en la industria temen por un crecimiento excesivo de costos y gastos, un aumento en los precios y una capacidad insuficiente.

Una baja tendencia de crecimiento económico, una sociedad cada vez mayor y distintas crisis latentes en países emergentes son los principales factores que han impulsado un crecimiento en la estructura de costos en la industria. Las oportunidades de incursión en el mercado de la salud han incrementado cada vez más a nivel mundial, ya que nuevos participantes buscan atender aquellos sectores sin acceso médico universal, ya sea por un ingreso limitado o por no contar con los servicios en su localidad.

La inversión en la industria de la salud tiene un potencial de fuerte crecimiento en ingresos, pues en los últimos años, hasta el 31 de marzo de 2020, el crecimiento de las ganancias en el sector de atención médica, de acuerdo al S&P 1500,¹ aumentó a una tasa anual compuesta de 8.1%. Este ritmo de crecimiento de ganancias fue casi 3.5 veces más rápido que en todo el S&P 1500 (2.4%); la tercera tasa de crecimiento detrás del sector de tecnologías de la información (9.9%) y finanzas (8.6%) (Kailvas, 2020).



Gráfica 1. Ganancias finales del sector salud

FUENTE: "INVESTORS CANNOT INVEST IN AN INDEX. PAST PERFORMANCE IS NOT A GUARANTEE OF FUTURE RESULTS" (BLOOMBERG L.P., JULY 27, 2020).

¹ El S&P Composite 1500 es un índice bursátil de acciones estadounidenses, fabricado por Standard & Poor's, que incluye todas las acciones del S&P 500, el S&P MidCap 400 y el S&P SmallCap 600.



DIRECCIÓN GENERAL DE DIFUSIÓN 9 UINCULACIÓN UINCULACIÓN

La pandemia

La pandemia por la COVID-19 ha hecho evidente la relación e impacto directo que tiene el sector salud con el resto del tejido económico y social. Los patrones de demanda del consumidor cambiaron, hubo un fuerte impacto en la fuerza laboral disponible, las cadenas de suministro globales se rediseñaron, muchas economías pararon y otras se aceleraron a tal punto que se vieron rebasadas.

Las medidas de control a causa de la pandemia, como el distanciamiento social, el confinamiento y las cuarentenas, implicaron, y lo siguen haciendo actualmente, una reducción de las actividades de producción y de consumo, lo que ha ocasionado una fuerte caída en la economía mundial.

El acontecimiento trajo una enorme presión sobre la fuerza laboral, la infraestructura y la cadena de suministro perteneciente al sector de la atención de la salud mundial, ya que dejó a la vista una desigualdad en los servicios de salud y cuidado. La COVID-19 ha acelerado el cambio en todo el ecosistema del sector salud y ha obligado tanto a los sistemas públicos como privados a adaptarse e innovar en un período de tiempo muy corto, prácticamente reactivo ante las situaciones cambiantes.

En resumen, las lecciones dejadas por la crisis de la pandemia son las siguientes (CEPAL-OPS, 2020):

- Puso en evidencia las debilidades de los sistemas de salud y de las cadenas de suministro de insumos y equipos claves para la salud pública.
- Mostró la capacidad de articulación entre el sector público, académico y privado para enfrentar la crisis.
- Instaló las bases para repensar el desarrollo de la industria desde de una perspectiva de escala regional.

Es justamente la necesidad de adaptación e innovación la que detonó una mayor articulación entre el sector público y privado, esto en todo el ecosistema de salud, con el fin de resolver urgencias como el abastecimiento en períodos breves de tiempo y hacer frente a necesidades de investigación y desarrollo tecnológico.

De esta manera, los retos para el sector salud derivados de la pandemia son:

- Mucha más atención y cuidado para las personas de la tercera edad
- La medicina virtual, también conocida como telemedicina o telesalud
- Mayor cuidado personal
- Sistemas de salud mucho más eficientes





El papel de la ciencia y la tecnología

La ciencia, tecnología e innovación juegan un papel de suma importancia en tiempos de crisis, como el que trajo la COVID-19; su aplicación es la clave para poder hacer frente a los desafíos del sector salud, pero también para apoyar la reactivación económica tras la pandemia.

La Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CSTD) de la ONU abordó, en primer lugar, el tema "Utilizar la ciencia, la tecnología y la innovación para cerrar la brecha en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 3 relativo a la salud y el bienestar". De acuerdo con la CEPAL (2020), el aporte de la ciencia, tecnología e innovación frente a la crisis de la COVID-19 se logra en varios ámbitos:

- En la investigación y desarrollo, para comprender la enfermedad y sus efectos en la población, así como para el desarrollo de vacunas y medicamentos.
- En la gestión de insumos y equipos críticos, como test de diagnóstico, ventiladores mecánicos y desarrollo de aplicaciones para el monitoreo y prevención.
- En la recuperación económica, a partir del desarrollo de plataformas digitales para la salud, educación y trabajo a distancia, así como para la transferencia tecnológica y reconversión industrial.

Los avances tecnológicos anteriores fueron evidentes con la llegada de la pandemia, especialmente en los países desarrollados. Cuando la COVID-19 llegó al mundo, la aceleración de la innovación se volvió aún más evidente y esencial; la pandemia trajo consigo desafíos sin precedentes y agravó aún más los problemas existentes, pero también reveló oportunidades para que los países desarrollaran tecnologías nuevas y emergentes, así como una reutilización de las ya existentes.

La participación de la ciencia y la tecnología en los desafíos generados por la COVID-19 tiene aspectos muy característicos, como los que a continuación se presentan:

Ciencia abierta. Desde el brote de la COVID-19, los científicos de muchos países trabajaron a través del principio de "ciencia abierta", donde el conocimiento, los métodos, los datos y las pruebas se pusieron a disposición de todos y fueron accesibles de forma gratuita. Los arreglos de colaboración de ciencia abierta, especialmente en cuanto al mapeo del genoma del virus, ayudaron en el desarrollo de las vacunas COVID-19 que se administraron en varios países.

Interdisciplinariedad. Desde la llegada de la COVID-19, la labor de afrontar sus riesgos no quedó sólo en manos de profesionales de la medicina, pues expertos en infinidad de áreas, como ingenieros, tecnólogos, químicos, matemáticos, físicos, psicólogos, economistas, sociólogos, etc., enfocaron sus estudios hacia la pandemia, al aportar numerosas contribuciones desde sus respectivos campos, en lo que sin duda ha sido el mayor esfuerzo de interdisciplinariedad de la historia. Ejemplo de ello es el trabajo realizado por el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN), la NASA y el equipo de Fórmula 1 de Mercedes en el diseño de respiradores mejorados para ayudar en el tratamiento de los enfermos de COVID-19.





Vinculación ciencia-industria. La vinculación ciencia-tecnología-industria ha sido la clave para la respuesta eficiente ante los retos que trajo la pandemia. Y es que la ciencia trata de entender el mundo que nos rodea, la tecnología convierte ese conocimiento científico en aplicaciones prácticas, y la industria traslada estas aplicaciones al mercado. Ése es el nivel de trabajo que hemos visto con resultados como las vacunas, que se desarrollaron, produjeron y entregaron en tiempo récord.

Tecnologías relevantes ante la pandemia

La inteligencia artificial, big data y la robótica son las tecnologías de vanguardia que los expertos han identificado como relevantes por su capacidad para ofrecer oportunidades de respuesta ante las necesidades que ha traído la pandemia.

Inteligencia artificial (IA)

La IA ha representado un gran apoyo en la solución de distintas áreas durante la pandemia, como lo es: 1) IA y robótica para avances de diagnósticos de casos de COVID; 2) para el desarrollo de vacunas y medicamentos; 3) para la gestión de la telemedicina; 4) para autodiagnósticos y rastreo de contactos estrechos de personas afectadas, y 5) para acercar proyectos solidarios o de impacto social en el contexto de la cuarentena (CAF, 2021).

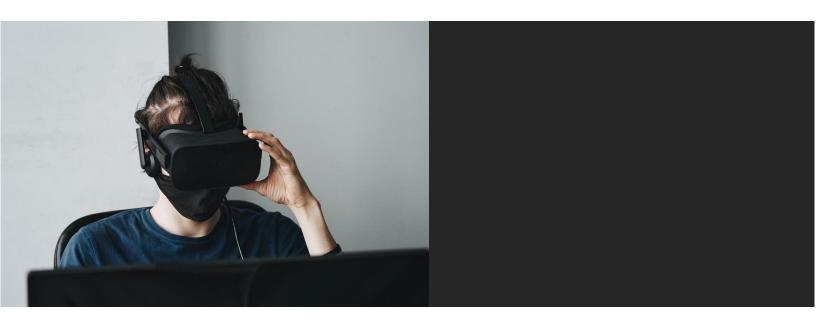
Asimismo, la IA se ha utilizado fervientemente en la aceleración de la investigación, en áreas como la recuperación de información y en la simulación de procesos y ensayos clínicos que aminoren los tiempos necesarios para llevar a cabo muchos de los estudios en marcha.

En el tema de acelerar la investigación, esta tecnología ha hecho posible la capacidad de 'leer' infinidad de documentos, con el fin de descubrir relaciones entre las investigaciones de éstos. Un ejemplo lo tenemos en IBM, que ha desarrollado un servicio de investigación de IA basado en la nube, capaz de ingerir un corpus de miles de documentos de la COVID-19 Open Research Dataset (CORD-19) y bases de datos de DrugBank, Clinicaltrials.gov y GenBank.

Por otro lado, se ha utilizado la simulación como una forma de hacer experimentos virtuales en física, química y biología, donde la complejísima interacción entre átomos obliga a utilizar supercomputadores con una enorme capacidad de cálculo muy específico, para ver, por ejemplo, cómo interactúan las moléculas con el virus, lo cual requiere un nivel de cálculo extraordinario.







Algunos ejemplos puntuales de la aplicación de la IA son:

Entelai Pic, un sistema de IA desarrollado en Argentina para el diagnóstico de la COVID-19 a través de la lectura de radiografías de tórax. Esta herramienta fue aprobada por la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica –ANMAT– y puede ser utilizada en línea, de forma gratuita, por cualquier médico como soporte en el diagnóstico de pacientes (CAF, 2021).

El gigante chino Baidu ha desarrollado un sistema que utiliza tecnología de reconocimiento facial e infrarrojos, el cual escanea y fotografía a más de 200 personas por minuto en la estación de tren de Qinghe, en Beijing. Por su lado, las autoridades chinas han desplegado drones para patrullar lugares públicos, realizar imágenes térmicas y rastrear a aquellos que violen la cuarentena (Bello, 2020).

Big data

Al hablar de pandemia, nos referimos a un momento en el que los datos a analizar son de un volumen sin precedentes, de esquemas estructurados y no, y en donde el análisis de información, de maneras novedosas, representa la oportunidad de encontrar respuestas a situaciones hasta ahora desconocidas.

El big data es justamente la tecnología que permite recopilar y analizar un gran volumen de datos para poder extraer, de entre todos ellos, información relevante. Desde la visualización de datos masivos, hasta la generación de analíticos potentes y la aplicación de inteligencia artificial, se ponen a disposición de la lucha contra la COVID-19 y sus consecuencias.

La complejidad del análisis de datos en materia de la COVID-19 radica en aquellos datos "no estructurados", como:





- Datos relacionados con un seguimiento periódico
- Notas manuscritas de los profesionales
- Radiografías
- Escáneres
- Resonancias
- Movilidad
- Entre otros

Los modelos matemáticos epidemiológicos, implementados para predecir y estudiar la evolución de enfermedades, han sido utilizados desde hace mucho tiempo. Sin embargo, el *big data* ha permitido mejorar los resultados y eficacia de los modelos epidemiológicos tradicionales, los cuales aún se utilizan como base para la creación de algoritmos inteligentes. Los algoritmos presentes en el *big data* y en otros dispositivos complementarios permiten una optimización, análisis y clasificación mucho más rápidas y eficaces. Por ello, esta tecnología se ha convertido en una de las más precisas para llevar a cabo estudios en los que se deban tener en cuenta múltiples datos, factores e información. Éste es el caso del ámbito epidemiológico.

Es posible identificar las principales líneas que ha tenido el empleo de *big data* en la gestión de la COVID-19, tales como: 1) en el seguimiento de focos de contagio, ya que alerta al usuario si ha estado en contacto con un positivo e identifica aquellas zonas que presentan una mayor tasa de contagios; 2) en la aceleración de la investigación, pues permite el análisis de simulaciones, y 3) en el estudio del comportamiento del virus, al analizar datos tanto de pacientes como del ambiente.







Algunos ejemplos puntuales de la aplicación de big data son:

Equifax, compañía global de Big Data & Analytics, en alianza con Retargetly. Empresa de tecnología que utiliza datos anonimizados de geolocalización, en la cual desarrollaron un conjunto de soluciones para que gobiernos y empresas pudieran tomar mejores decisiones en este contexto, a través del análisis estadístico de información poblacional, de grupos de riesgo y de movilidad.

El caso de Taiwán, que por su cercanía con China se esperaba que fuera la segunda región más afectada del mundo. No obstante, logró esquivar el virus con un número de afectados muy bajo. La estrategia que siguió fue contener la enfermedad a partir del uso de grandes cantidades de información, mediante la integración de las bases de datos sanitarias nacionales con las de inmigración y aduanas, al monitorizar los viajes y síntomas de sus ciudadanos para compartir dicha información con los hospitales y emitir alertas en tiempo real de los posibles contagios. Además, se recogió la información de los viajeros a través de aplicaciones y cuando se hacía uso de tecnología móvil; así, consiguieron controlar las cuarentenas de forma efectiva.

Robótica

El diseño y la construcción de robots y aparatos que realizan operaciones o trabajos en sustitución de la mano de obra humana han resultado en una gran oportunidad en tiempos de pandemia. En el contexto de salud que actualmente se vive, la robótica representa un aliado que favorece el distanciamiento social.

Actualmente, los robots apoyan en múltiples ámbitos, tales como: ayuda a personas con limitaciones físicas, apoyo en el aprendizaje, monitoreo de pacientes, desinfección de hospitales, con la entrega y ayuda a los trabajadores médicos de primera línea a reducir su exposición al virus.

Algunas empresas que desarrollan robots en áreas como servicios de comida, agricultura, logística, salud, etc., posiblemente van a ver acelerada su adopción con la aparición de la COVID-19, dado que el uso de éstos puede minimizar la interacción física entre personas, así como reducir la manipulación de la comida u otros productos por parte de humanos, con lo que disminuye la probabilidad de contagio y contaminación.





Algunos ejemplos de aplicaciones puntuales de robótica se explican a continuación:

ASAHI Ingeniería e Idelec México, con apoyo de la tecnología de navegación de OMRON, cuyos creadores desarrollaron un robot móvil sanitizador con radiación ultravioleta que puede, de forma autónoma, desinfectar espacios comunitarios por 9 horas continuas. Este robot, equipado con lámparas UV-C y la tecnología de navegación de OMRON, permite sanitizar grandes espacios de forma segura y sin contacto humano (López, 2020).

Para acelerar las pruebas de COVID-19, un equipo de médicos e ingenieros daneses de la Universidad del Sur de Dinamarca y Lifeline Robotics está desarrollando un robot de hisopo totalmente automatizado. Éste utiliza visión artificial y aprendizaje automático para identificar el punto-objetivo perfecto dentro de la garganta de la persona; luego, un brazo robótico con un hisopo largo se acerca para recolectar la muestra, todo hecho con una rapidez y consistencia que los humanos no pueden igualar (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020).

Se han observado robots móviles recorriendo las calles de algunas ciudades asiáticas, los cuales, según su tipo de aplicación, pueden ser robots terrestres, cuya función consiste en recolectar residuos potencialmente infectados, así como otros dedicados a las tareas de desinfección de aceras y caminos (Cornejo & Vargas, 2020).

Existen sistemas robóticos con desplazamiento autónomo en los que se acopla la telemedicina, lo que hace posible realizar triaje remoto a pacientes; esto da la oportunidad de preguntar directamente acerca de la presencia de síntomas respiratorios y del historial de exposición al virus (contacto con pacientes con COVID-19 o viajes dentro de los últimos 14 días antes del inicio de los síntomas).



TENDENCIAS TECNOLÓGICAS | SECTOR SALUD

Aunque estas tecnologías pueden permitir a los países en desarrollo saltar los paradigmas tecnológicos, estas naciones —especialmente las menos desarrolladas— no suelen estar preparadas para aplicarlas, debido a sus limitaciones en términos de recursos y capacidad técnica.

América Latina y el Caribe presentan un particular rezago en infraestructura digital, a comparación de otras regiones; por ello, dentro del desarrollo y adopción de soluciones digitales se deben considerar los elementos estructurales de los países y los factores habilitantes (CEPAL, 2020).





ANÁLISIS DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS EN EL SECTOR

Para la identificación de necesidades del sector salud en la región se analizaron las principales referencias federales y estatales en la materia, tales como: planes de desarrollo estatales, planes estratégicos sectoriales y agendas de innovación de los estados, lo que permitió ubicar las principales líneas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que se plantean los gobiernos y entidades en las actividades del sector a través de objetivos y estrategias expuestas en los documentos.

La región Centro Occidente se conforma por los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.

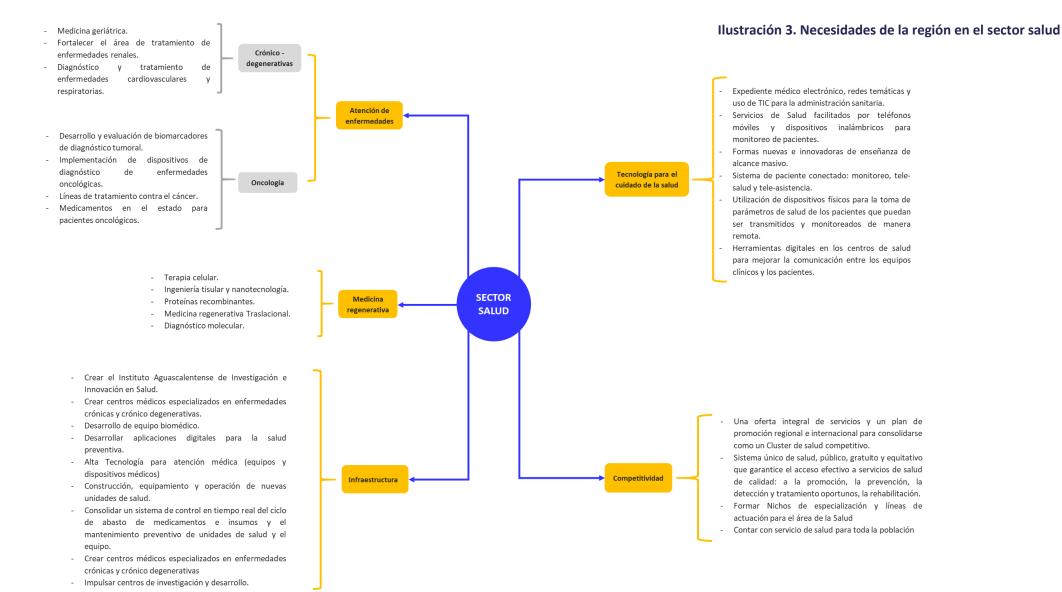


Ilustración 2. Región de análisis del sector salud

A continuación, se presenta un mapa mental con las temáticas asociadas al sector salud:











En los siguientes apartados se describen los aspectos generales de las necesidades del sector.

Atención de enfermedades

La atención (o asistencia) a la salud comprende el conjunto de procesos a través de los cuales se concreta la provisión de prestaciones y cuidados de salud a un individuo, a un grupo familiar, a una comunidad y/o a una población.

El objetivo es contribuir a la salud garantizando un agregado de atenciones que permitan, en primer lugar, conservar la salud de las personas. En segundo lugar, evitar el deterioro de la salud de la población, en la medida en que lo permitan el conocimiento médico y los recursos disponibles. En tercer lugar, recuperar la salud de quienes han enfermado para que logren sanar. En cuarto lugar, detectar la enfermedad tan precozmente como sea posible y evitar su agravamiento, en especial de las que aún no se ha identificado una cura. En quinto lugar, aliviar el dolor y minimizar el sufrimiento de los enfermos graves que no pueden ser curados.

A nivel regional, específicamente, se identifica una serie de necesidades en cuanto a la atención de pacientes que padecen enfermedades crónico-degenerativas y oncológicas:

Crónico-degenerativas

- Medicina geriátrica
- Fortalecer el área de tratamiento de enfermedades renales
- Diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardiovasculares y respiratorias

Oncológicas

- Desarrollo y evaluación de biomarcadores de diagnóstico tumoral
- Implementación de dispositivos de diagnóstico de enfermedades oncológicas
- Líneas de tratamiento contra el cáncer
- Medicamentos en el estado para pacientes oncológicos

Tecnología para el cuidado de la salud

Contar con servicios tecnológicos en el área de la salud permite que más pacientes obtengan acceso a médicos y especialistas, por lo que se afianza la relación médico-paciente. Según la OTA (Barrientos, Marín, Becerra, & Tobón, 2016), conforman la tecnología médica: los medicamentos, los aparatos, los procedimientos médicos y quirúrgicos utilizados en la atención médica, y los sistemas organizativos con los que se presta la atención sanitaria.

El desarrollo en las tecnologías para el cuidado de la salud permite mejorar sustancialmente la calidad de atención a los pacientes, a la vez que ayuda a optimizar los recursos y reducir los costos de gestión.





A nivel regional, se identifican las siguientes necesidades en materia de tecnologías para eficientar la prestación de los servicios de salud:

- Expediente médico electrónico, redes temáticas y uso de TIC para la administración sanitaria.
- Servicios de salud facilitados por teléfonos móviles y dispositivos inalámbricos para el monitoreo de pacientes.
- Formas nuevas e innovadoras de enseñanza de alcance masivo.
- Sistema de paciente conectado: monitoreo, telesalud y teleasistencia.
- Utilización de dispositivos físicos para la toma de parámetros de salud de los pacientes que puedan ser transmitidos y monitoreados de manera remota.
- Herramientas digitales en los centros de salud para mejorar la comunicación entre los equipos clínicos y los pacientes.

Medicina regenerativa

El envejecimiento y la degeneración de los tejidos son la causa de gran parte de las enfermedades que han aquejado al ser humano desde siempre. Sin embargo, hoy en día los procesos naturales de autorrenovación de los tejidos del cuerpo están siendo atendidos con el apoyo de procesos tecnológicos, a fin de que las células troncales logren la capacidad de reponer o regenerar células de tejidos u órganos dañados estructural y funcionalmente.

Se la considera la medicina del futuro, teniendo la capacidad de aportar una solución eficaz y menos costosa en el tratamiento de múltiples enfermedades, y en otras será usada como terapia coadyuvante.

En la región, las necesidades específicas respecto al área de medicina regenerativa son:

- Terapia celular
- Ingeniería tisular y nanotecnología
- Proteínas recombinantes
- Medicina regenerativa traslacional
- Diagnóstico molecular

Infraestructura

La infraestructura para la salud es hoy uno de los retos más complejos; se ha observado que existe un crecimiento desordenado de la misma, especialmente en los servicios para la población sin seguridad social. Esta situación ha generado, por un lado, la concentración de unidades pertenecientes a diferentes instituciones en las mismas áreas geográficas, y por el otro, la subutilización de algunas unidades, ya sea por falta de recursos humanos y/o equipamiento o por





falta de recursos para garantizar su operación. Hay que reconocer que, al mismo tiempo, existe infraestructura deteriorada que requiere conservación y mantenimiento periódico.

En la región, específicamente, se plantean las siguientes necesidades en materia de infraestructura:

- Crear el Instituto Aguascalentense de Investigación e Innovación en Salud
- Fundar centros médicos especializados en enfermedades crónicas y crónico-degenerativas
- Expandir el uso de equipo biomédico
- Desarrollar aplicaciones digitales para la salud preventiva
- Reforzar la implementación de alta tecnología para la atención médica (equipos y dispositivos médicos)
- Facilitar la construcción, equipamiento y operación de nuevas unidades de salud
- Consolidar un sistema de control en tiempo real del ciclo de abasto de medicamentos e insumos, así como el mantenimiento preventivo de unidades de salud y del equipo
- Impulsar centros de investigación y desarrollo

Competitividad

Las organizaciones dedicadas a los servicios de salud están expuestas a la presión continua de mayores costes y, al mismo tiempo, a las exigencias cada vez superiores por parte de los pacientes, obras sociales, organismos del estado y sociedad.

Los constantes avances en materia tecnológica y científica obligan tanto a la adquisición de nuevos equipos como a la continua capacitación y entrenamiento del personal médico. El ingreso de nuevos competidores obliga a mejorar el perfil en la oferta de servicios; así, el marketing y la innovación se hacen cada día más imprescindibles.

En el entorno regional, la competitividad está estrechamente relacionada con la integración de redes de trabajo y especialización, como lo es:

- Una oferta integral de servicios y un plan de promoción regional e internacional para consolidarse como un clúster de salud competitivo.
- Un sistema único de salud, público, gratuito y equitativo, que garantice el acceso efectivo a servicios de salud de calidad: a la promoción, la prevención, la detección y el tratamiento oportuno, al igual que a la rehabilitación.
- Formar nichos de especialización y líneas de actuación para el área de la salud.
- Contar con servicios de salud para toda la población.

Las necesidades en el área de la salud actualmente han incrementado, si consideramos que el sector salud ha sufrido importantes cambios, esto derivado de la pandemia por coronavirus que se





TENDENCIAS TECNOLÓGICAS | SECTOR SALUD

extiende por el mundo y ha puesto a prueba la capacidad de los sistemas de salud de todos los países. Pese a ello, el contexto en el que México enfrenta la contingencia es particularmente angustiante, a causa de su poca capacidad instalada y el bajo nivel de digitalización y tecnificación que presenta.

La principal tarea del sector salud en la región para los próximos años es mejorar la calidad de los servicios que se ofrecen a la población y mantener la atención a la pandemia. Es necesario dotar el sistema de salud con tecnologías que permitan eficientar su operación y cubrir el mayor porcentaje de la población con un servicio de calidad.





IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIAS TECNOLÓGICAS

Como se ha visto en secciones anteriores, el sector salud presenta grandes retos interesantes tras la pandemia, al acelerar la adopción de tecnologías para poder hacer frente a las necesidades. La presente sección tiene el objetivo de introducir las más destacadas tendencias tecnológicas relacionadas con el sector salud e identificar las principales temáticas de investigación y desarrollo tecnológico asociadas a este sector.

La identificación de tendencias tecnológicas a nivel internacional se realiza a partir del estudio de programas internacionales en materia de salud, así como de prospectivas y planes de asociaciones y organismos internacionales relacionados con el desarrollo de nuevas tecnologías enfocadas a este tema.

Como resultado de la búsqueda realizada, se ha identificado el concepto de Salud 4.0 como elemento medular y guía de las tendencias tecnológicas en este sector; a partir de la evolución del sector salud, la identificación de las tendencias se define en función de la transición hacia la Salud 4.0.

Salud 4.0

Salud 4.0 es un concepto recién acuñado que se desarrolló a partir de Industria 4.0, que representa la cuarta revolución de fabricación. De manera específica, el concepto se basa en máquinas inteligentes que tienen acceso a grandes cantidades de datos, lo que les permite tomar decisiones sin participación humana.

El aspecto 4.0 está asociado a distintos componentes, como: La computación en la nube, Big Data, Internet de las cosas, diversas formas de Internet inalámbrica y tecnologías 5G, la criptografía, el uso del diseño de bases de datos semánticas, la realidad aumentada y la recuperación de imágenes basada en contenido (Kocheva, 2021).

La salud es uno de los sectores con mayores expectativas positivas de la revolución 4.0. Los beneficios de adoptar la Industria 4.0 en la salud son numerosos, incluida la mejora de la flexibilidad, escalabilidad, confiabilidad, agilidad, rentabilidad y calidad de los servicios y operaciones de atención médica.

La evolución en la utilización de las TIC con respecto a la atención sanitaria llegó con el internet, cuando se introdujeron por primera vez los sitios web de información sobre salud pública y gestión de enfermedades. A esto le siguió la aparición de registros médicos electrónicos y aplicaciones interactivas basadas en la nube y en dispositivos móviles. Luego vino el desarrollo de sistemas EHR en red, dispositivos portátiles e loT integrados con análisis de datos. Actualmente, la Salud 4.0 reúne todas estas tecnologías junto con la recopilación de datos en tiempo real, un mayor uso de inteligencia artificial (IA) y sofisticadas soluciones analíticas facilitadas por interfaces virtuales interactivas (Al-Jaroodi, Mohamed, & Abukhousa, 2020).





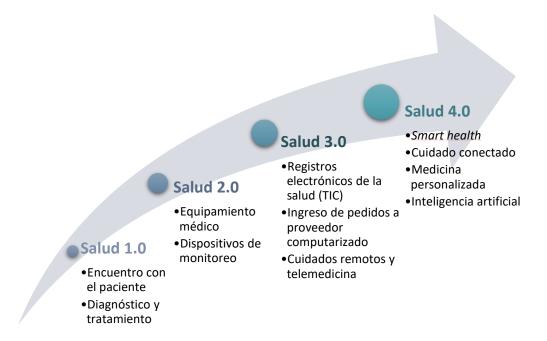


Ilustración 4. Evolución de la industria de la salud de 1.0 a 4.0

FUENTE: ADAPTADO DE "HEALTH CARE 4.0: A VISION FOR SMART AND CONNECTED HEALTH CARE", EN P. CARAYON & L. JINGSHAN (2021),
FIGURE 3. HISTORICAL EVOLUTION OF HEALTH CARE 1.0 TO HEALTH CARE 4.0.

La Salud 4.0 tiene como objetivo la combinación de las tecnologías de la información y la comunicación, o TIC, la información contextual de un paciente y los dispositivos móviles para mejorar su salud y calidad de vida.

Al estudiar la evolución de Salud 1.0 a Salud Care 4.0 (Ilustración 5), se observa el claro trayecto hacia una conectividad e integración del ecosistema completo. A continuación, se describen los cambios en esta evolución (Jingshan & Carayon, 2021):

- La prestación de servicios de salud pasó de tratamientos simples, aplicación de teorías de bacterias y virus, así como desarrollo de vacunas, a un tratamiento de enfermedades más complejo e inteligente, implicando medicina de precisión.
- La atención al paciente se brindaba principalmente a través de las interacciones de un paciente con un solo médico y luego se expandió al incluir a múltiples médicos, equipos, hasta pasar a comunidades médicas en forma de redes colaborativas de trabajo.
- Inicialmente, la atención al paciente se centró en una disciplina y luego se expandió para incluir múltiples disciplinas, unidades médicas y dar paso a comunidades interdisciplinarias, como es el caso de los resultados del trabajo que se dio para atender distintas necesidades





derivadas de la pandemia, en las que se trabajó conjuntamente con disciplinas más allá de las propias de la salud, como las ingenierías.

 Ahora, la atención al paciente involucra grandes redes y comunidades de personas y organizaciones. La transformación de la atención médica consideraba pocos datos obtenidos principalmente por el médico de manera directa al paciente; ahora se encuentran disponibles flujos de datos gigantescos en Salud 4.0, incluidas las variables de dimensión, calidad, formato y características.

Similar a la evolución de la Industria 4.0, la Salud 4.0 incluye una automatización creciente. La diferencia más distintiva y crítica entre la Industria 4.0 y la Salud 4.0 se relaciona con el compromiso de las personas. Los pacientes (y cuidadores) y los médicos están cada vez más involucrados y comparten responsabilidades para monitorear su salud, informar los síntomas y participar en la toma de decisiones compartida para el tratamiento y la planificación de la atención. A medida que desempeñan funciones más importantes, los pacientes (y los cuidadores), así como los médicos, estarán en el centro de la Salud 4.0 (Jingshan & Carayon, 2021).

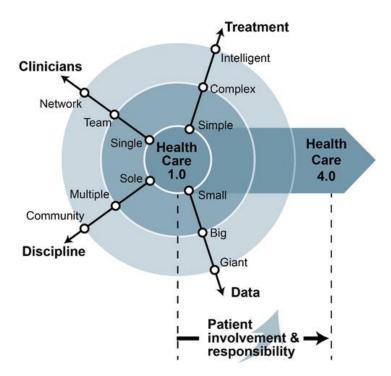


Ilustración 5. Características de la Salud 1.0 a 4.0

FUENTE: "CHARACTERISTICS OF HEALTH CARE 1.0 TO 4.0" (JINGSHAN & CARAYON, 2021).

A continuación, se presentan las tendencias tecnológicas que derivan de la transición del sector salud hacia la Salud 4.0:





Telemedicina

Los sistemas de telemedicina para la monitorización remota de pacientes (también conocidos como "telesalud domiciliaria" o "telemonitorización") permiten a los médicos comprobar la salud de un paciente desde lejos. Los proveedores de telesalud han comenzado a proporcionar software y soluciones que no sólo conectan a pacientes y médicos, sino que también registran los datos médicos de los pacientes, gracias al advenimiento de la tecnología portátil y los dispositivos médicos móviles (Kocheva, 2021).

La telesalud en tiempo real (también conocida como "telesalud sincrónica") implica conversaciones de video en vivo, bidireccionales entre un médico y un paciente, las cuales permiten reemplazar parcialmente las visitas en persona entre ambos.

A partir de la pandemia, la atención a distancia se volvió parte de la realidad de muchos pacientes, y se espera que ésta siga posicionándose como una alternativa efectiva a la atención médica. Las empresas más innovadoras han desarrollado soluciones de telesalud a medida que la pandemia de la COVID-19 tomó desprevenidos los sistemas de salud y los hospitales parecieron dejar de ser un entorno seguro.

Kocheva (2021) ejemplifica la situación a través del caso de una firma médica privada que recurrió a Intellectsoft para crear una solución que aprovechara las tecnologías modernas, con el fin de virtualizar las relaciones médico-paciente y permitirles tratar a sus pacientes de forma remota. Los socios crearon una aplicación móvil para reservar un horario y configurar una videollamada, intercambiar mensajes de video en un buzón integrado, recibir citas completas en línea o consultas rápidas sobre la marcha y pagarlas con unos pocos clics. Como resultado, la compañía pudo mejorar la eficiencia de su modelo comercial, brindar una experiencia segura para sus pacientes y continuar ofreciendo el mismo servicio seguro en línea que antes, entre otras cosas.

Salud móvil

La atención médica, la participación del paciente, la educación del paciente y los servicios de salud pública que se brindan a través de dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, computadoras portátiles y tabletas, se conocen como salud móvil o mHealth. Dado que la mayoría de las personas ahora poseen un teléfono inteligente, mHealth constituye un componente importante de las soluciones de software de telesalud (Kocheva, 2021).

Los dispositivos portátiles tienen un impacto profundo en la salud del usuario. A través de una combinación de hardware, análisis predictivo y aplicaciones móviles, las tecnologías portátiles están redefiniendo el diagnóstico de pacientes, la gestión de enfermedades y las técnicas de atención preventiva.

Problemas como el envejecimiento de la población, la inequidad en el acceso a la salud o la prevalencia de enfermedades crónicas comprometen la sostenibilidad de nuestros sistemas de





salud. Las apps de salud abren la puerta a nuevas oportunidades para enfrentar estos desafíos (ehCOS, S/F):

- Prevención: el mHealth ayuda a detectar, en una etapa temprana, la condición crónica de los pacientes a través de apps para el diagnóstico remoto, al compartir los datos de diferentes dispositivos con los médicos. Las herramientas para el autocuidado promueven la prevención con comportamientos saludables, motivando y comprometiendo a los pacientes con su salud.
- Sostenibilidad del sistema de salud: la implementación de sistemas y dispositivos de monitoreo de pacientes y la comunicación médico-paciente en tiempo real contribuyen a hacer más eficiente el sistema de salud. Una investigación realizada por McKinsey on Healthcare ha señalado que las aplicaciones permiten reducir consultas y hospitalizaciones innecesarias, con una disminución de costos de hasta 15% gracias a la monitorización remota y así ejercer mayor control sobre pacientes con enfermedades crónicas.
- Diagnósticos y tratamientos más precisos: la enorme información médica, psicológica, de actividad diaria y/o entorno, recopilada de dispositivos, apps móviles o registrada en la historia clínica electrónica, permite que los diagnósticos y tratamientos sean mucho más precisos y adaptados.

Cuando se trata de la identificación de problemas que pueden abordar las aplicaciones mHealth, éstas suelen dirigirse principalmente a dos actores de la industria: pacientes y médicos. Sin embargo, hay un espacio para las variaciones: la aplicación puede cubrir las necesidades de ambos o puede adaptarse a algunos subgrupos (asistentes de laboratorio, administradores de centros de salud, proveedores de servicios como farmacias, etcétera).

Las aplicaciones en el tema de la salud son muy variadas, algunos ejemplos son:

- Bienestar mental
- Atención materna y cuidado de los niños
- Herramientas de diagnóstico
- Pruebas médicas
- Atención primaria en casa
- Gestión de enfermedades crónicas
- Calculadoras médicas

Un problema importante para la industria de la salud móvil es cómo mejorar la calidad de las tecnologías para incorporar la investigación y la evidencia científica actuales (Kumar et al., 2013). Es necesario que las tecnologías de mHealth respalden nuevos métodos para recopilar datos biológicos, conductuales o ambientales, así como los resultados de las intervenciones; éstos incluyen sensores que monitorean fenómenos con mayor precisión, frecuencia de muestreo mejorada, menos datos faltantes, mayor conveniencia y, en algunos casos, menor costo que las





medidas tradicionales. Los algoritmos derivados de los datos de los sensores y los autoinformes permiten hacer inferencias sobre el estado fisiológico, psicológico, emocional y ambiental, como los sistemas de sensores móviles para el estrés psicológico o el tabaquismo.

Inteligencia artificial

Se trata de las técnicas de inteligencia artificial para mejorar el diagnóstico, el tratamiento, la coordinación y la comunicación entre pacientes, médicos y otras partes interesadas, con el objetivo de lograr una gestión inteligente de la atención médica, individualizada y centrada en el paciente, que incluye las siguientes perspectivas:

Estratificación y clasificación. Para lograr una atención individualizada o personalizada, es necesario comprender mejor las necesidades y características de los pacientes, y así, puedan estratificarse en diferentes clases, por ejemplo: herramientas de estratificación del riesgo de accidente cerebrovascular, cáncer y delirio (Stroke Risk in Atrial Fibrillation Working Group, 2008; Rodrigues et al., 2012; Newman et al., 2015). Al usar herramientas de estratificación y clasificación, se pueden identificar factores importantes correlacionados con una enfermedad específica.

El objetivo es ir más allá del estudio de esta asociación y descubrir la relación causal entre los factores del paciente y una enfermedad específica, lo que puede ayudar a los médicos a crear planes de intervención específicos para el paciente, dirigidos a esos factores. Esto puede proporcionar la base para desarrollar el apoyo a la toma de decisiones clínicas en el diagnóstico y el tratamiento que puedan satisfacer las necesidades específicas de cada paciente.

Análisis de predicción. Para cada paciente se pueden hacer predicciones precisas del desarrollo de la enfermedad y los resultados basados en la estratificación y la clasificación, con la convicción de ayudar en el diagnóstico y pronóstico, por ejemplo: en la predicción de reingreso hospitalario, enfermedad cardiovascular y diagnóstico de infección por COVID-19 (Kansagara et al., 2011; Damen et al., 2016; Wynants et al., 2020). Dichos modelos no sólo deben proporcionar valores de riesgo previstos, sino también clasificar e interpretar los factores que participan significativamente en la predicción. La importancia de la clasificación de los factores correlacionados y el impacto potencial de los factores causales se pueden investigar más a fondo y, de esta manera, proporcionar recomendaciones y pautas para la toma de decisiones médicas.

Atención preventiva y proactiva. Los resultados de los análisis de predicción se pueden utilizar para crear planes de atención preventiva y proactiva (Vlaeyen et al., 2017; Struckmann et al., 2018; Hendry et al., 2019). Además de prevenir o ralentizar el desarrollo de la enfermedad, podemos abordar mejor cómo prevenir errores de medicación y mejorar la seguridad del paciente (Wetterneck et al., 2011; Carayon et al., 2015). La investigación de los factores críticos que afectan los resultados del paciente y la respuesta al tratamiento puede proporcionar recomendaciones para desarrollar planes de atención.



Seguimiento, intervención y tratamiento óptimo. Con la intención de mejorar los resultados de los pacientes, se necesita un estrecho seguimiento de los signos vitales y otros factores críticos específicos del paciente (Zois, 2016; Shah et al., 2016; Correll et al., 2018). Del mismo modo, el análisis y la predicción continuos del estado del paciente son necesarios para actualizar dinámicamente intervenciones de atención y planes de tratamiento, gracias al respaldo en la toma de decisiones médicas óptimas para cada paciente. Los sensores inalámbricos, los dispositivos portátiles, así como la informática de vanguardia y los portales de pacientes, brindan la posibilidad de realizar un seguimiento remoto o automático. Los modelos avanzados de análisis y optimización de datos pueden ayudar a desarrollar planes de tratamiento e intervención adecuados e individualizados.

Bucle cerrado. Todos los elementos de Salud 4.0 están conectados dinámicamente en un circuito cerrado. Es decir, se busca que los resultados de las decisiones de medicación y tratamiento deban retroalimentar el modelo de análisis de predicción para actualizar dinámicamente las predicciones y los factores importantes, al igual que el plan de atención e intervención de manera oportuna.

Interacciones entre pacientes, cuidadores y otros miembros del equipo de atención. La comunicación entre los pacientes y los equipos de atención es fundamental para la calidad de la atención médica y la seguridad del paciente (Rodin et al., 2009; Thompson & McCabe, 2012; Kelley et al., 2014). No sólo los resultados del diagnóstico, los planes de tratamiento y los resultados clínicos deben comunicarse a los pacientes, sino que también la participación de los pacientes y sus cuidadores en el proceso de atención y tratamiento debe convertirse en la norma. Por lo tanto, los pacientes comprenderán mejor lo que se necesita para implementar su plan de atención y participarán más activamente en el proceso de atención. Este compromiso es aún más crítico cuando los pacientes tienen enfermedades crónicas y complejas. El desarrollo, la implementación y el uso juicioso de la tecnología de la información, los portales de pacientes, las llamadas telefónicas, las videoconferencias y las aplicaciones, etc., pueden ayudar a facilitar la comunicación y el compromiso del paciente (y del cuidador), especialmente durante una pandemia o en un entorno remoto.

Comunicaciones dentro del equipo de atención profesional. La atención fragmentada retrasa la prestación de atención, genera un desperdicio sustancial y puede llegar, incluso, a generar daños al paciente. La aplicación de las tecnologías de la información avanzadas y los nuevos equipos o dispositivos tienen el potencial de facilitar la comunicación del equipo y la coordinación de la atención. En particular, un centro de pacientes coordinado puede ayudar a lograr una coordinación eficaz y eficiente, al respaldar el intercambio de información y comunicación entre todos los miembros del equipo. Esto contribuiría, en gran medida, a respaldar el modelo mental compartido y la conciencia entre el equipo de atención, que es fundamental para la calidad y seguridad de la atención al paciente (Schultz et al., 2007).

Equipos y dispositivos. El uso generalizado de equipos complejos e inteligentes, numerosos dispositivos portátiles, sensores, IoT y diferentes tipos de funciones de conexión puede ayudar a mejorar continuamente y recopilar información completa sobre la atención al paciente,





independientemente de la ubicación de la atención. Las funciones de computación en la nube permiten que estos dispositivos proporcionen capacidades adicionales de análisis, diagnóstico y predicción a nivel local y global.

Realidad virtual

La realidad virtual es el uso de video y audio para sumergir a un usuario en la experiencia de un entorno artificial, a menudo en 3D y con 360 grados de visión. Esta tecnología destaca como la tendencia que ha transformado el entrenamiento médico, con sus capacidades de experiencia inmersiva y escenarios realistas para practicantes en cirugías y servicios de emergencia, lo que redunda en un servicio de mayor calidad.

Adicional al entrenamiento médico, se utiliza en el tratamiento de pacientes, marketing médico y educación de personas sobre una enfermedad, condición o proceso médico. Según las estimaciones de Deloitte, el mercado de simulación virtual de pacientes crecerá 20% anualmente hasta convertirse en una industria de \$1,500 millones de dólares hacia 2025 (Murray, 2020).

Asistencia en el entrenamiento de médicos

Empresas como Osso VR e ImmersiveTouch ofrecen soluciones de realidad virtual para capacitar a los cirujanos y/o perfeccionar sus habilidades, pues se ha demostrado que son mejores que los métodos de capacitación tradicionales. De hecho, un estudio reciente de Harvard Business Review mostró que los cirujanos capacitados en realidad virtual tuvieron un aumento de 230% en su desempeño general, en comparación con sus contrapartes capacitadas tradicionalmente. Los primeros también fueron más rápidos y precisos en la realización de procedimientos quirúrgicos.

La realidad virtual es útil para planificar operaciones complejas de antemano, como los procedimientos neuroquirúrgicos, ya que ayuda al equipo quirúrgico a recorrer toda la cirugía y ensayar la intervención planificada.

Tratamiento para pacientes

Se presenta la realidad virtual como una solución atractiva para ayudar a los pacientes a relajarse y sufrir en menor medida el estrés generado antes, durante y después de algún procedimiento médico.

Para los pacientes, estas tecnologías pueden acelerar la educación sobre condiciones o planes de tratamiento, incluso pueden ser terapias en sí mismas cuando se utilizan en ejercicios de visualización y relajación. Las aplicaciones en la terapia de adicción a los opioides, el tratamiento del miembro fantasma, las terapias de fobias, la planificación de la terapia del cáncer, la planificación perioperatoria, el trastorno de estrés postraumático y el manejo general del dolor son algunos ejemplos establecidos (Deloitte, 2018a).



La tecnología de realidad virtual se empalma con la tendencia paralela en telesalud y atención domiciliaria. En lugar de una visita de video en 2D para un paciente con una erupción cutánea u otro problema, el enfoque de realidad digital puede crear una mayor participación del paciente, una mejor vista de la condición del paciente y una mejor experiencia general para el paciente y el cuidador. Esta tecnología puede, incluso, mejorar la calidad y la minuciosidad de un chequeo de rutina o agregar detalles e inmediatez a la forma en que las personas se comunican sobre necesidades más agudas.

Las tecnologías de realidad virtual también pueden mejorar la recopilación de datos cotidianos, como actividades físicas, monitoreo de signos vitales, cumplimiento del tratamiento y eventos inseguros, especialmente a medida que los dispositivos de realidad virtual y aumentada evolucionan de complementos a independientes, los cuales pueden acceder a internet sin estar conectados a una PC (Deloitte, 2018a).

Los desarrolladores, los investigadores y las organizaciones de atención médica deben ir conociendo cómo proporcionar interfaces de usuario efectivas que combinen la voz, el cuerpo y el posicionamiento de objetos. El costo y la complejidad de los dispositivos para crear la experiencia y la tecnología de soporte disminuyen; sin embargo, todavía hay obstáculos que superar, especialmente aquellos relacionados con que en esta tendencia se cruzan las personas y la tecnología, lo que lleva a riesgos que pueden incluir daños físicos, daños a la propiedad, robo de datos de pacientes, seguridad pública e interrupción operativa.

Internet de las cosas

La aplicación de loT (*internet of things*) en el área de la salud es fundamental para el desarrollo de productos que necesitan menos o ninguna interacción humana para brindar servicios de atención médica. Los dispositivos médicos, los equipos y la infraestructura conectados permiten múltiples aplicaciones, como la *desinfección automática*, *el diagnóstico inteligente y la gestión remota de pacientes*, por nombrar algunas.

Los principales beneficios que aporta el IoMT son:

- Brinda información sobre el estado de salud del paciente en tiempo real.
- Permite realizar un seguimiento personalizado del paciente y corregir tratamientos de forma inmediata.
- Administra eficientemente los recursos médicos disponibles, al proporcionar una reducción de costes de servicio (la factura de los hospitales se reduce).
- Reduce los errores de diagnóstico y aplicación de tratamientos.
- Disminuye el tiempo de atención médica (reduce los tiempos de espera en centros de salud y hospitales, o el tiempo de espera para cirugías, por ejemplo).
- Mejora la experiencia del paciente en los centros médicos, con citas personalizadas y una optimización del espacio de atención.





Las aplicaciones de tecnología IoT más comunes en la atención médica en la actualidad son (Dostie, 2019):

- 64% monitores de pacientes
- 56% contadores de energía
- 33% radiografías e imágenes

Se considera que el internet de las cosas (IoT) puede reducir los costos de las ineficiencias operativas y clínicas en \$100 mil millones de dólares por año. El 64% de los médicos cree que el IoT puede ayudar a reducir la carga que pesa sobre las enfermeras y los médicos (Smilijanic, 2021).

Los dispositivos IoT ofrecen nuevas oportunidades para que los profesionales de la salud den seguimiento a los pacientes, así como para que los pacientes se monitoricen a sí mismos constantemente. Se espera que el creciente número de dispositivos médicos conectados y la creciente adopción de teléfonos inteligentes impulsen aún más el crecimiento del mercado.

Las limitaciones potenciales para el crecimiento de esta tecnología incluyen la medida en que las organizaciones de atención médica, los médicos y los pacientes estén dispuestos a implementar soluciones IoMT y la falta de estándares de gobernanza.

Los dispositivos médicos conectados se clasifican en tres grupos y representan las áreas de desarrollo en la tecnología (Deloitte, 2018b):

Dispositivos médicos fijos. Están asociados con la infraestructura y equipamiento de un hospital, incluyen dispositivos de rayos X y mamografía, escáneres, máquinas de ultrasonido y dispositivos de imágenes nucleares que miden parámetros fisiológicos.

Estos dispositivos de alta tecnología y alto costo de inversión transmiten imágenes de forma inalámbrica a los médicos; generalmente son implementados por hospitales, clínicas y centros de diagnóstico. Los dispositivos de diagnóstico *in vitro* (IVD) también se incluyen en esta categoría. Los dispositivos médicos fijos son críticos para el diagnóstico y se integran cada vez más con otras aplicaciones de atención médica para superponer datos e imágenes del paciente, con el propósito de facilitar una toma de decisiones más rápida y precisa.

Dispositivos médicos implantados. Se refieren a dispositivos médicos implantados, destinados a permanecer en el cuerpo humano a través de una intervención quirúrgica o médica, o se insertan clínicamente en un orificio natural. Incluyen reemplazos de cadera, marcapasos y desfibriladores que monitorean y tratan condiciones cardíacas, estimuladores de nervios, estimuladores de vejiga, estimuladores de diafragma y una variedad de biosensores para procesar diferentes señales.

Dispositivos médicos externos portátiles. La tecnología portátil en el cuidado de la salud incluye dispositivos electrónicos que los consumidores pueden usar, como relojes inteligentes; están diseñados para recopilar datos sobre la salud y el ejercicio personal de los usuarios. Estos dispositivos pueden, incluso, enviar la información de salud de un usuario a un médico u otro





profesional de la salud en tiempo real. Asimismo, incluyen sistemas mucho más especializados, como bombas de insulina para el control de la diabetes, parches cutáneos, desfibriladores automáticos y otros dispositivos, incluidos los relojes inteligentes y los rastreadores de actividad que producen datos monitoreados por los médicos. Los dispositivos médicos externos portátiles se utilizan para monitorear a los pacientes mientras están en el hospital y después del alta, así como para el monitoreo continuo de pacientes con afecciones crónicas o fragilidad.

Big data y análisis

La digitalización ha transformado la recopilación, el almacenamiento, las técnicas de diagnóstico, la planificación del tratamiento, los flujos de trabajo quirúrgicos, la monitorización remota de pacientes y las consultas de datos médicos. A este respecto, se espera que el volumen de datos médicos y de salud aumente exponencialmente en los próximos años.

El big data proporciona herramientas y soluciones para analizar los enormes y no estructurados volúmenes de datos médicos. Mejora los servicios basados en el paciente, detecta enfermedades de manera predictiva y genera nuevos conocimientos sobre los mecanismos de las enfermedades. Además, las soluciones del big data controlan la calidad de las instituciones médicas y sanitarias, y permiten mejores métodos de tratamiento.

Las aplicaciones en el sector salud mejoran el rendimiento de los servicios de salud, al desarrollar modelos predictivos de patrones de comportamiento y métodos algorítmicos propios de análisis de la información, que permiten optimizar la atención que se les presta a los pacientes en situación de dependencia. Así, se identifican las siguientes áreas de aplicación del *big data* en salud (Vyslotskyi, 2020):

Diagnóstico. Es posible diagnosticar una enfermedad de forma rápida y precisa, ya que los médicos pueden simplemente recopilar los datos del paciente e introducirlos en un algoritmo que sugerirá los diagnósticos más probables. Los algoritmos también propondrán pruebas de alto valor y reducirán el uso excesivo de pruebas innecesarias.

Modelado y pronóstico. El análisis predictivo es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones. Algunos modelos están destinados a predecir los resultados futuros de enfermedades y/o tratamientos.

Tratamiento de enfermedades complejas. Los datos recopilados de pacientes con tratamientos distintos se pueden analizar en busca de tendencias y patrones para encontrar aquellos con las tasas más altas de éxito. Esto es especialmente importante para combatir enfermedades tan graves como el cáncer, el sida, la esclerosis múltiple, etcétera.

Imagen. El análisis de datos de imágenes, como CT, MRI o PET, representa un reto en el sector, pero el análisis de *big data* puede optimizar la forma en que los radiólogos leen las imágenes. Los algoritmos pueden identificar patrones específicos en los pixeles y convertirlos en un número para





ayudar a los especialistas de la salud con el diagnóstico. Así, los médicos tienen la posibilidad de construir catálogos históricos de imágenes y utilizar técnicas de visión artificial y ciencia de datos para su rápido análisis.

Medicina de precisión. La medicina de precisión busca alejarse de un enfoque médico de talla única para tratar a las personas mediante el uso de terapias y planes de tratamiento específicos para ellas. Esto se puede lograr si se aprovechan flujos de datos de herramientas, como sensores biométricos móviles, aplicaciones para teléfonos inteligentes y genómica.

Los principales retos a sortear en materia de *big data* y análisis, que representan áreas de desarrollo e investigación, son:

- Integración y almacenamientos de los datos
- Estandarización de los datos
- Calidad de los datos, donde es importante garantizar que los datos de entrada sean confiables, sin duplicaciones ni imprecisiones
- Desarrollo de herramientas de exploración de los datos
- Compartición de los datos entre distintos miembros de la cadena en formatos apropiados
- Seguridad y privacidad de la información, principalmente acorde al cumplimiento de regulaciones aplicables





CONCLUSIONES

La industria de la tecnología de la salud tiene un papel importante que desempeñar para ayudar a reducir los costos, mejorar la calidad y la eficiencia de la atención, y apoyar el cambio a la atención basada en el valor. Y justamente la investigación y desarrollo tecnológico debieran estar orientados al cumplimiento de estos objetivos.

Al hacer un análisis comparativo entre las necesidades tecnológicas de la región y las tendencias tecnológicas que presenta el sector salud, se encuentran coincidencias claras, pues observamos que las tendencias tecnológicas son capaces de apoyar a las necesidades de la región. Prácticamente la aplicación de las tecnologías analizadas permitiría resolver temas en materia de competitividad, infraestructura, atención de enfermedades, cuidado de la salud y aplicación de medicina regenerativa.

Si consideramos las necesidades identificadas y los retos que presentan cada una de las tendencias tecnológicas, la investigación y el desarrollo en el área de la salud, se deberá considerar la resolución de los siguientes puntos:

- Reconocimiento pleno de los usuarios finales, mediante la identificación de los distintos usuarios y las necesidades de información que presentan.
- Cumplimiento de los requisitos de interoperabilidad, incluido el cumplimiento de varios estándares y protocolos nacionales e internacionales sobre el intercambio y el uso de datos.
- Mantenimiento de la ciberseguridad. El mayor reto en el manejo de la información en el sector de la salud.
- Mejora de la experiencia y resultados de la atención médica, al igual que una reducción de costos en la operación de la atención.

Como parte de las líneas de trabajo futuro, se proponen las siguientes actividades:

- Definir proyectos específicos a ejecutar, a partir de proyectos dirigidos a necesidades puntuales y abordados por equipos multidisciplinarios, con atención especial al Centro de Ciencias de la Salud, Ciencias Básicas y Ciencias de la Ingeniería.
- Identificar líneas de investigación y proyectos actuales afines a las necesidades y tendencias tecnológicas desarrolladas en el presente estudio, a fin de apoyarlos y convertirlos en proyectos estratégicos de la institución.
- Realizar un directorio exhaustivo del cuerpo de profesores-investigadores asociados a las temáticas del sector salud, incluida la información actualizada acerca de su productividad.





Referencias

- Al-Jaroodi, J., Mohamed, N., & Abukhousa, E. (2020). Health 4.0: On the Way to Realizing the Healthcare of the Future. *IEEE Access, 8,* 211189-211210. doi:doi: 10.1109/ACCESS.2020.3038858
- Barrientos, J. G., Marín, A. E., Becerra, L., & Tobón, M. A. (2016). La evaluación de nuevas tecnologías en salud en hospitales: revisión narrativa. *Medicina U.P.B, 35*(2), 120-134. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1590/159049704006.pdf
- Bello, E. (13 de Noviembre de 2020). Las 10 tecnologías necesarias para combatir el Covid-19. *IEBS-Blog* . Obtenido de https://www.iebschool.com/blog/tecnologias-covid-19/
- Bloomberg L.P. (27 de julio de 2020). *Investors cannot invest in an index. Past performance is not a guarantee of future results.*
- Business Wire. (25 de Enero de 2019). News: Business Wire. Obtenido de The \$11.9 Trillion Global Healthcare Market: Key Opportunities & Strategies (2014-2022) ResearchAndMarkets.com: https://www.businesswire.com/news/home/20190625005862/en/The-11.9-Trillion-Global-Healthcare-Market-Key-Opportunities-Strategies-2014-2022--- ResearchAndMarkets.com
- CAF. (31 de Agosto de 2021). Banco de Desarrollo de América Latina . Obtenido de El uso de la Inteligencia artificial para mitigar los efectos de la pandemia del Covid-19: https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2021/08/el-uso-de-la-inteligencia-artificial-para-mitigar-los-efectos-de-la-pandemia-del-covid19/
- CEPAL. (7 de Mayo de 2020). *Comunicado de prensa*. Obtenido de Aporte de la ciencia, tecnología e innovación es clave para enfrentar los desafíos en la industria de la salud y la recuperación económica tras la pandemia: https://www.cepal.org/es/comunicados/aporte-la-ciencia-tecnologia-innovacion-es-clave-enfrentar-desafios-la-industria-la
- CEPAL-OPS. (Dociembre de 2020). La industria de la salud: un sector estratégico en el escenario post Covid-19. Obtenido de Comisión Económica para América Latina y el Caribe: https://www.campusvirtualsp.org/sites/default/files/presentacion_se_final_ops-cepal_071220.pdf
- CIDE. (2019). *Plan Aguascalientes 2045.* Obtenido de https://www.aguascalientes.gob.mx/cplap/Docs/Planaguascalientes2045.pdf
- Cocheva, D. (14 de Ago de 2021). *Healthcare. What is Health 4.0?* Obtenido de https://healthcareglobal.com/digital-healthcare/what-health-40





- Cornejo, J., & Vargas, M. &.-A. (2020). Aplicaciones innovadoras de la robótica y biomédica en la salud pública durante la pandemia DEL Covid-19. *Revista de la Facultad de Medicina Humana, 20*(4), 756-757. Obtenido de https://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v20i4.3042
- Deloitte. (2018a). *Digital reality in life sciences and health care.* Obtenido de https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/life-sciences-health-care/us-lshc-tech-trends-digital-reality.pdf
- Deloitte. (2018b). *Medtech and the Internet of Medical Things*. Obtenido de https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Life-Sciences-Health-Care/gx-lshc-medtech-iomt-brochure.pdf
- Deloitte Insights. (2021). 2021 Global health care outlook. Deloitte Development LLC.
- Dostie, R. (2019). *EL INTERNET DE LAS COSAS (IOT) EN EL ÁREA DE LA SALUD EN 2019.* Carestream blog. Obtenido de https://www.carestream.com/blog/2019/01/01/el-internet-de-las-cosas-iot-en-el-area-de-la-salud-en-2019/
- ehCOS. (S/F). La revolución del mHealth: de las apps a la gestión del dato de salud. *ehCOS: ESALUD BLOG*. Obtenido de https://www.ehcos.com/la-revolucion-del-mhealth-en-salud/
- Expansión Política. (Diciembre de 2020). El gobierno amplía la cobertura en salud, pero reduce el gasto per cápita en 33%. *Expansión Política*, págs. https://politica.expansion.mx/mexico/2020/12/02/el-gobierno-amplia-la-cobertura-en-salud-pero-reduce-el-gasto-per-capita-en-33.
- Gaceta Dental. (24 de Marzo de 2021). *Newslatter: Gaceta Dental*. Obtenido de https://gacetadental.com/2021/03/tipo-tecnologias-utilizan-cuidar-salud-103815/
- García-Rodríguez, J., García-Fariñas, A., Priego-Hernández, O., & Martínez-Pérez, L. (2017). Salud desde una perspectiva económica. Importancia de la salud para el crecimiento económico, bienestar social y desarrollo humano. *Salud en Tabasco*, *23*(1 y 2), 44-47.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (30 de Septiembre de 2020). *IEEE Spectrum*. Obtenido de HOW ROBOTS BECAME ESSENTIAL WORKERS IN THE COVID-19 RESPONSE: https://spectrum.ieee.org/how-robots-became-essential-workers-in-the-covid19-response
- Jingshan, L., & Carayon, P. (2021). Health Care 4.0: A vision for smart and connected health care. IISE Transactions on Healthcare Systems Engineering, 11, 171-189.
- Kailvas, N. (2020). *Insights: Invesco*. Obtenido de Five reasons to consider investing in health care: https://www.invesco.com/us/en/insights/five-reasons-to-consider-investing-in-health-care.html





- Kocheva, D. (14 de Agosto de 2021). *Healthcare*. Obtenido de What is Health 4.0?: https://healthcareglobal.com/digital-healthcare/what-health-40
- López, E. (Junio de 2020). ¿CÓMO LOS ROBOTS MEXICANOS ESTÁN APOYANDO ANTE EL COVID-19? El Hospital. Obtenido de ¿CÓMO LOS ROBOTS MEXICANOS ESTÁN APOYANDO ANTE EL COVID-19?: https://www.elhospital.com/temas/Como-los-robots-mexicanos-estan-apoyando-ante-el-COVID-19+134831
- Méndez-Méndez, J. (2021). *Investigaciones: Centro de Investigación Económica y Presupuestaria*A.C. Obtenido de La contracción del gasto per cápita en salud: 2010 2020: https://ciep.mx/GvUt
- Murray, B. (2020). Virtual health: Implications and opportunities for medtech companies. Deloitte. Obtenido de https://www2.deloitte.com/us/en/blog/health-care-blog/2020/implications-and-opportunities-for-medtech-companies.html
- OCDE. (2020). *OCDE. Estadísticas. Gasto en Salud.* Obtenido de https://www.oecd.org/centrodemexico/estadisticas/gastoensalud.htm
- Smilijanic, S. (2021). *The State of Healthcare Industry Statistics for 2021.* Obtenido de Policy Advice: https://policyadvice.net/insurance/insights/healthcare-statistics/
- Smiljanic, S. (14 de Febrero de 2021). *Policy Advice*. Obtenido de The State of Healthcare Industry Statistics for 2021: https://policyadvice.net/insurance/insights/healthcare-statistics/
- Tobar, F. (11 de Julio de 2016). *Atención de la Salud* . Obtenido de Ministeruo de Salud. Gobierno de Argentina : https://salud.gob.ar/dels/printpdf/146
- Tobar, F. (2017). La Atención de la Salud. *Diccionario Enciclopédico de la Legislación Sanitaria Argentina*. Obtenido de https://salud.gob.ar/dels/entradas/la-atencion-de-la-salud
- Velázquez, M. (Octubre de 2019). *Revista: Código F*. Obtenido de Presupuesto Público para Salud 2020: Código F: https://codigof.mx/presupuesto-publico-para-salud-2020/
- Vyslotskyi, A. (19 de Noviembre de 2020). *How to make the best of big data in healthcare: Benefits, challenges, and use cases.* Obtenido de N-iX- Articles: https://www.n-ix.com/big-data-healthcare-key-benefits-uses-cases/

Universidad autonoma

