

DIGITALIZACIÓN EN SALUD



CARLA TARAMASCO

Profesora Titular de la Escuela de Ingeniería Civil Informática de la Universidad de Valparaíso y asociada al Centro Nacional en Sistemas de Información en Salud (CENS). Sus intereses de investigación incluyen informática para la salud, IoT y análisis de datos. Ha trabajado en desarrollo de soluciones tecnológicas que integren SW y HW enfocadas en mejorar la calidad de vida de las personas. carla.taramasco@uv.cl

Desde la tercera revolución digital hasta la fecha hemos visto un aumento explosivo en el avance tecnológico que ha impactado transversalmente todas las áreas en que se desenvuelve la humanidad. Poder acceder a nuestra información en cualquier lugar del globo, disponer de mensajería instantánea en nuestro teléfono, monitorear nuestro ritmo cardíaco, entre otras aplicaciones son solo un par de ejemplos de lo mucho que se ha avanzado gracias a la era de la información e Internet. Hoy nos encontramos frente a una revolución tecnológica que ha sido bautizada como la Cuarta Revolución Industrial, término acuñado por Klaus Schwab el año 2016 y que hace referencia a los nuevos avances en inteligencia artificial, robótica, Internet de las Cosas, computación cuántica, nanotecnología, entre otras áreas [1].

Los diferentes actores que intervienen en la salud a nivel país no han estado ajenos a los beneficios de esta tendencia, que ha sido catalogada como irreversible por la exdirectora de Fonasa, Jeanette Vega. Es así como se comienza a hacer más conocido el término *eHealth*, el cual es definido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el apoyo que

la utilización eficaz y segura de las tecnologías de la información y las comunicaciones, ofrece a la salud y a los ámbitos relacionados con ella, con inclusión de los servicios de atención de salud, la vigilancia y la documentación sanitaria, así como la educación, los conocimientos y las investigaciones en materia de salud [2]. La **Figura 1** muestra los componentes y aplicaciones fundamentales en eHealth.

PRIMER ACERCAMIENTO HACIA LA DIGITALIZACIÓN

En los años noventa los centros de salud en Chile comenzaron una transformación hacia sistemas de información digitales, pero de forma local y sin establecer una estandarización con el resto de los centros asistenciales en el país. Si bien éste fue un paso importante para impulsar la informatización en salud, su implementación fue incompleta ya que no se consideró en su diseño una red asistencial para todos los centros de salud, creándose sistemas “hechos a medida” para cada establecimiento, ya sea por iniciativa propia o por instrucción de las direcciones de salud.

Con el pasar de los años comienza a nacer la necesidad de estandarización de procesos y datos para compartir información entre los centros asistenciales.

Para ello se creó la estrategia de Sistemas de Información de la Red Asistencial (SIDRA) que buscó impulsar un plan de acción para digitalizar los establecimientos que conforman la red asistencial de salud. En el año 2008 se licitó el Convenio Marco CM-06-2008 de Software de Salud y Servicios Informáticos Asociados, enfocado principalmente en la informatización de procesos que apuntaban a la integración de redes asistenciales. Sus componentes principales fueron: derivación de pacientes entre instituciones médicas (referencia y contrareferencia), agenda, registro de pacientes en control, urgencia, y dispensación de fármacos.

La estrategia SIDRA proyectaba ahorrar \$294 mil millones al año, lo que fue de la mano con sus primeros resultados de implementación, calificados como muy positivos de acuerdo a actores de la industria que dan soporte tecnológico al Ministerio de Salud (MINSAL) [3].

Si bien la implementación de tecnología en salud puede derivar en múltiples beneficios tanto para los centros asistenciales como para la población, no se debe descuidar la seguridad e integridad de información sensible de los pacientes, lo cual es tanto o más importante que las mismas mejoras implementadas. Por este motivo, en el año 2016 el MINSAL optó por suspender SIDRA debido a una posible filtración de datos sensibles producto de fallas informáticas [3].

EVOLUCIÓN HACIA UN HOSPITAL DIGITAL

Siguiendo la trayectoria hacia un entorno digitalizado en los centros de salud, en el año 2018 se dio inicio a la iniciativa Hospital Digital (HD), cuyo objetivo es digitalizar el sistema público de salud mediante el almacenamiento de datos de pacientes en la nube, implemen-

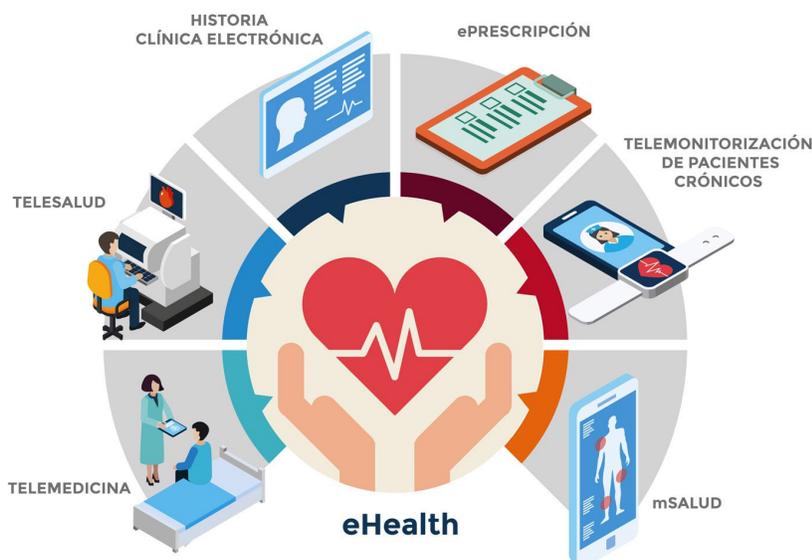


Figura 1. Componentes y aplicaciones de eHealth.

tando atención médica a distancia y creando un ecosistema que optimiza la atención de salud (ver **Figura 2**). Los pilares que sustentan este ecosistema son inteligencia artificial, analítica y gestión de información.

Las primeras estimaciones sobre el impacto en la implementación de HD hace nueve meses indicaban que se podrían realizar cerca de 1,9 millones de atenciones anuales, lo que equivale a casi cinco veces el número de atenciones en el Hospital Barros Luco, junto con reducir los 184 días de espera en diabetología a 20 días [4].

Hasta el momento, y a través de la plataforma web de HD, la población puede acceder a los siguientes servicios 24/7:

- Agenda de horas en Atención Primaria de Salud (APS).
- Ir a mis vacunas.
- Ir a mis listas de espera.

Los servicios que están a la espera de ser implementados para la población y que han sido ya publicados en la página web de Hospital Digital son:

- Mi historia clínica.
- Mis licencias médicas.
- Mis recetas electrónicas.
- Mis medicamentos crónicos.
- Mi consulta Garantías Explícitas en Salud (GES).

El balance de los primeros meses desde la puesta en marcha de HD muestra que, desde fines de octubre de 2018 hasta fines de mayo de 2019, se han resuelto 10.923 consultas derivadas desde la atención primaria. Esta cifra representa menos del 1% de los 1,9 millones de atenciones que se esperaban cubrir al año, sin embargo, en HD esperan que esa cifra se alcance en el plazo de un año. Un punto importante a destacar es que, en los primeros meses de funcionamiento, del total de consultas realizadas, un 79% fueron resueltas en línea, mientras que un 21% fueron derivadas a consulta presencial [4].

EL ECOSISTEMA DEL HOSPITAL DIGITAL

Fuente: Minsal



Figura 2. Plataforma de Hospital Digital.

DEPARTAMENTO DE SALUD DIGITAL COMO PARTE DE LAS REDES ASISTENCIALES

Las nuevas medidas impulsadas actualmente por el MINSAL, el 2 de julio del presente año en el Decreto Exento 595, llevan los desarrollos tecnológicos implementados en los centros asistenciales a un nuevo esquema organizacional llamado Departamento de Salud Digital, integrando las herramientas tecnológicas y de comunicación, junto con una unidad especializada para la implementación y gestión del hospital digital.

De acuerdo a la Subsecretaría de Redes Asistenciales, el nuevo Departamento de Salud Digital apunta a mejorar la calidad de atención de los pacientes, a generar una integración

entre los diferentes softwares presentes en cada establecimiento de salud y, no menos importante, a brindar seguridad en la información. De esta forma sus principales objetivos son:

- Integrar y coordinar las diferentes redes asistenciales.
- Continuar con los desarrollos de software locales hasta poder integrarlos a la red.
- Integrar desarrollos tecnológicos ya existentes o por implementar en los centros asistenciales.
- Fortalecer la red de Telemedicina a nivel de Servicios de Salud, Macroregional, Redes Complejas y Garantías Explícitas en Salud (GES).

El Departamento de Salud Digital tiene como misión fomentar la provisión de servicios de salud a distancia desde la promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y cuidados palia-



Figura 3. Estructura organizacional del nuevo Departamento de Salud Pública.

tivos. Las personas serán consideradas en su propio contexto sociocultural a lo largo de su vida manteniendo un buen estado de salud y sus cuidados. De esta forma se espera mejorar la equidad, oportunidad y calidad de atención en la salud.

Este nuevo departamento aún está en proceso de diseño, pero como se puede ver en la **Figura 3** integrará cuatro unidades: Hospital Digital, Administración Interna y Presupuesto, Estadística y Control de Gestión, y Estrategia Digital [5].

Con esta nueva implementación se han podido identificar ciertos nodos críticos que deben ser resueltos por el Departamento de Salud, como los horarios de funcionamiento del personal, el pago por prestaciones, los sistemas de registro, la integración de la Salud Digital a las Redes Asistenciales en todos los procesos clínicos y un respaldo jurídico que garantice un marco legal para los pacientes, médicos y empresas que intervienen [6].

La implementación de este nuevo esquema de Salud Digital no ha estado exenta de críticas.

Por una parte, el exministro de Salud, Emilio Santelices, considera que el cambio de organización no priorizará todas las funcionalidades de HD, quitándole el sentido a esta nueva forma de entregar salud y dejándolo solo como un instrumento de telemedicina [7]. Por otra parte, el jefe de la División de Gestión de Redes Asistenciales, Héctor Fuenzalida, asegura que el objetivo de este nuevo departamento será la entrega de una mejor calidad de atención, contribuir a la integración y supervisar la seguridad en la información.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SALUD

Uno de los objetivos de la digitalización en salud es poder almacenar gran cantidad de información en la nube para su posterior análisis, pero dado el gran volumen de información disponible, ¿cómo podemos extraer información de forma eficiente que sea de utilidad para los centros de salud y las personas?

Es aquí precisamente donde toma protagonismo la inteligencia artificial, ya que mediante la

implementación de algoritmos, es capaz de describir e interpretar una gran cantidad de datos, perfeccionar los diagnósticos, optimizar los recursos, controlar robots a distancia, entre muchas aplicaciones que van en directo beneficio de la salud de las personas. Dos ejemplos de sistemas desarrollados e implementados en Chile que utilizan inteligencia artificial son DART y SIGICAM, descritos a continuación.

DART

El Sistema de Diagnóstico Automatizado de Retinografías Telemáticas (DART) analiza los exámenes de retinopatía diabética (RD) automáticamente, utilizando para ello inteligencia artificial basada en el concepto de aprendizaje profundo mediante redes neuronales convolucionales.

La retinopatía diabética es una enfermedad frecuente causada por diabetes mellitus, la cual genera un daño progresivo en la retina del ojo producto de un deterioro en los vasos sanguíneos que irrigan la retina, siendo la principal causa de ceguera en personas que



Figura 4. Examen de fondo de ojo, Dr. Rodrigo Donoso y tecnóloga médica Angélica Cárdenas.

se encuentran en edad productiva. En Chile un 12,5% de la población padece diabetes y, de ellos, al menos un 20% podría padecer alguna afección a la retina como la mencionada RD, pudiendo ser detectada con un examen de fondo de ojo (ver **Figura 4**). Considerando el escenario actual, es posible cubrir un 30% de los exámenes que se debieran realizar al año, es decir, solo una de cada tres personas puede acceder al diagnóstico [8], incluso en países desarrollados la cobertura solo alcanza al 50% [9]. Consciente de estas cifras, el Ministerio de Salud desde el año 2018, de la mano con la Agenda de Transformación Digital,

comenzó a implementar en los exámenes de consulta oftalmológica el Sistema DART.

A través de un estudio observacional con el MINSAL, se midió la precisión del sistema DART en comparación con la evaluación de oftalmólogos para 1.123 casos de pacientes diabéticos. El sistema DART arrojó una sensibilidad de 94,9% (IC 95%; 91,4%-97,1%) y una especificidad de 75,5% (IC 95%; 96,8%-98,9%) para un punto escogido en la curva ROC con un área bajo la curva de 0,912. El valor predictivo positivo fue 53,2% (IC 95%; 51,3%-54,5%) y el valor predictivo negativo fue 98,1% (IC 95%; 96,8%-98,9%) [10]. En resumen, estos resultados sobre una población estadísticamente representativa de la realidad latinoamericana y que además está a la altura de los niveles del estado del arte internacional, derivan en la validación del sistema DART estando en condiciones de ser implementado en los centros de salud a lo largo del país.

Hasta la fecha el sistema DART ha sido implementado en 127 Unidades de Atención Primaria en Oftalmología (UAPO) en las 16 regiones del país. De un total de 140.194 exámenes realizados a diferentes pacientes, 76.261 (54,4%) no presentaron RD. El resto, 63.933 (45,6%) fueron clasificados como positivos

pasando a teleinforme por oftalmólogo. De los exámenes clasificados como positivos, un 31,4% fueron clasificados como no evaluables debido a la calidad de imagen insuficiente u opacidad de medios (p.ej. cataratas), los cuales deben pasar a atención oftalmológica presencial, mientras que el resto de exámenes presentó RD no proliferativa (NP) leve (12,6%), RDNP moderada (35,4%), RDNP severa (8,8%), RD proliferativa (1,9%) y edema macular clínicamente significativo (9,9%) [11].

Con estos resultados, DART es uno de los primeros sistemas implementado en centros de salud en Chile que aplica inteligencia artificial, y cuyos resultados validados permiten poner a disposición de las personas y oftalmólogos una herramienta para mitigar un problema que afecta a países de todo el mundo.

SIGICAM

El Sistema Inteligente para la Gestión y Análisis de la Dotación de Camas (SIGICAM) [12] apoya la gestión de camas hospitalarias básicas, intermedias y críticas utilizando inteligencia computacional, para mejorar los procesos de asignación de camas, traslado, derivación y rescate de pacientes (ver **Figura 5**).



Figura 5. Entorno del Sistema Inteligente para la Gestión y Análisis de la Dotación de Camas.

En Chile, gestionar de manera eficiente la demanda de camas hospitalarias es un desafío dado que las atenciones hospitalarias han aumentado en un 17% entre los años 2010-2015 [13] y la infraestructura hospitalaria no ha crecido a la misma velocidad. Dicho aumento es producto de los cambios demográficos, el aumento de la esperanza de vida, el aumento de enfermedades crónicas y el surgimiento de nuevos tratamientos [14]. Por otra parte, la falta de información dada la carencia de sistemas informáticos, dificulta la toma de decisiones informadas y oportunas. Estas problemáticas, empeorarán en los próximos años, donde se proyecta un aumento de la población adulto mayor en un 45% para el año 2020 [15].

Para abordar esta problemática, el MINSAL desarrolló la Unidad de Gestión Centralizada de Camas (UGCC, 2012), una aplicación web

que funciona en los Servicios de Salud del país y cuyo objetivo es “Fortalecer la gestión de camas hospitalarias dentro de la red público-privada de salud en todo el país”.

Esta plataforma depende, en gran medida, de la experiencia del encargado de la gestión de las camas. Para disminuir esta dependencia y mantener o aumentar la eficiencia en el proceso de asignación de camas, es necesario aumentar la inteligencia de la plataforma, desarrollando modelos que contribuyan a mejorar el uso de las camas hospitalarias, a reducir la espera por camas y disminuir la compra de camas para el sector, al disponer de un sistema eficiente.

SIGICAM está basado en una arquitectura web que permite al personal clínico tener una visión individual y global de la ocupación de camas, tiempos de espera, derivación, traslado, rescate

y estada en tiempo real. También permite la generación de reportes y la visualización de información relevante para apoyar la toma de decisiones, con el objetivo de maximizar los beneficios clínicos y sociales, y minimizando los costos asociados.

Desde noviembre de 2018 este sistema se encuentra operativo en el Hospital San José del Carmen en la ciudad de Copiapó, con 22 unidades funcionales, 251 usuarios y 352 camas.

El impacto generado por el sistema SIGICAM ha sido significativo: ha logrado reducir el tiempo inicial de espera de cama en un 17%, el tiempo de tránsito intrahospitalario fue reducido en un 12% y el tiempo de hospitalización/ estada ha descendido en un 20%. Además, la información que antes se encontraba

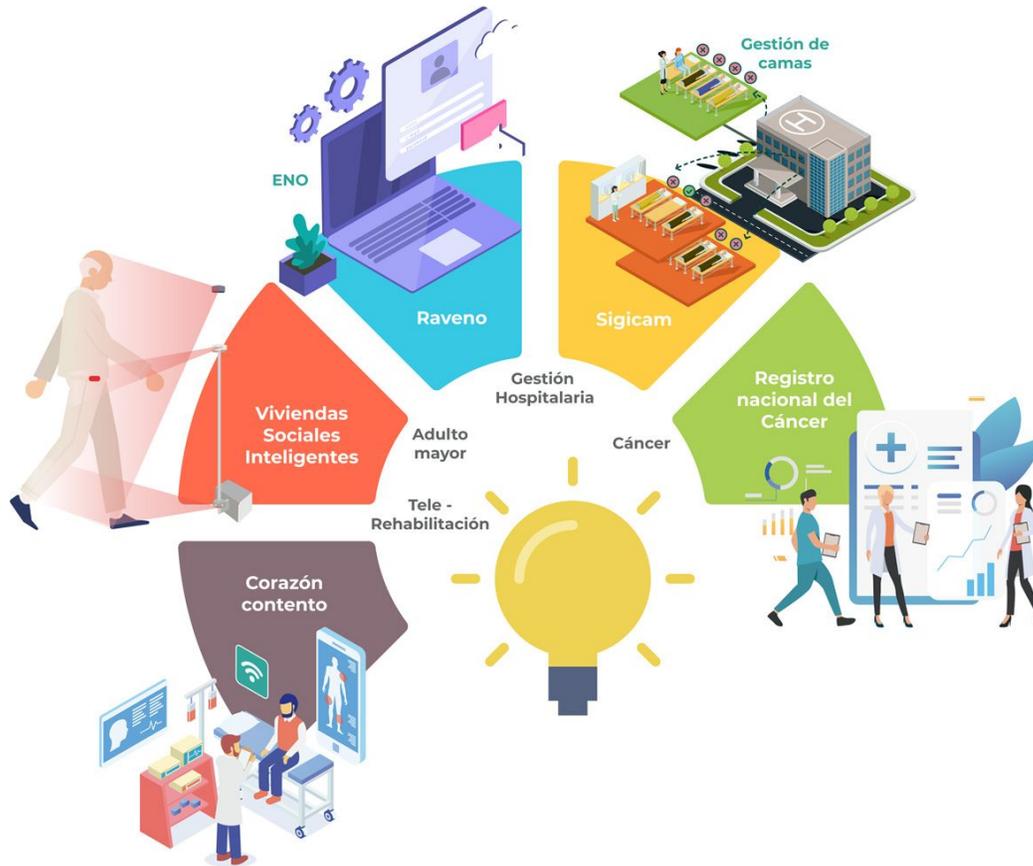


Figura 6. Sistemas desarrollados por LABITEC. SIGICAM, viviendas sociales inteligentes, corazón contento, RAVENO y registro nacional del cáncer.

en fichas de papel y que complicaba la toma de decisiones, ahora se encuentra visible en tiempo real, lo que permite tener certeza del tiempo de espera de los pacientes, los diagnósticos más comunes, cuántas camas se encuentran actualmente en uso, entre otros [16].

EL AVANCE TECNOLÓGICO NO SOLO SE HACE PRESENTE EN LOS CENTROS DE SALUD

Es sabido hoy en día que los centros de salud públicos presentan una saturación en la demanda por parte de la población. Los recursos como la capacidad de camas disponibles, son limitados y muchas veces los servicios de urgencia colapsan por atenciones que no presentan mayor riesgo para el paciente. Debido a este problema están surgiendo alternativas para evitar colapsar los servicios de urgencia, pero sin afectar el bienestar de los pacientes. Por ejemplo, una atención virtual desde su hogar podría indicarle al paciente si es realmente necesario asistir a algún centro asistencial o, en caso contrario, se le podrían entregar recomendaciones para aliviar sus síntomas. Otro ejemplo es la telerehabilitación o monitoreo de pacientes en sus domicilios, lo que permite derivarlos a centros asistenciales solo cuando exista una emergencia.

En Pucón ya se ha lanzado un programa de monitoreo a distancia para pacientes crónicos el año 2018 [17], el cual busca mejorar la calidad de vida de los usuarios de los programas de diabetes, hipertensión y enfermedad pulmonar obstructiva crónica del Departamento de Salud Municipal de dicha comuna. La iniciativa se basa en el uso de tecnología de última generación que incluye la entrega de un kit completo de monitoreo, capacitación personalizada a cada persona en el uso del dispositivo de monitoreo, asistencia telefónica las 24 horas, reporte mensual de cada usuario al equipo profesional del CESFAM, un telemonitor que transmite hacia la plataforma central, dispositivos de monitoreo según la patología, además de

sistemas de evaluación de impacto del programa para el establecimiento de salud. Con este programa se busca entregar mejores herramientas a los pacientes para que tomen mayor conciencia de su salud y aumentar la adherencia a programas de rehabilitación y control de tratamientos.

NUESTROS PROYECTOS COMO APOORTE A ESTA ERA DIGITAL

Analizando las necesidades actuales tanto de los pacientes como de actores que intervienen en los centros de salud, con el laboratorio Labitec (www.labitec.cl) hemos desarrollado diversos sistemas enfocados en mejorar la calidad de vida de pacientes crónicos o adultos mayores. La **Figura 6** muestra un resumen de los sistemas recientemente desarrollados en nuestro laboratorio.

Actualmente en San Antonio y Valparaíso, junto a un equipo de especialistas de salud e ingenieros, estamos desarrollando el programa llamado “Viviendas Sociales Inteligentes”, el cual tiene como objetivo generar un entorno que mejore la calidad de vida de los adultos mayores a través de la implementación de tecnología en sus hogares para acompañarlos, cuidarlos y apoyar su autonomía [18]. Este programa consiste en la definición de un nuevo modelo de atención para el adulto mayor que integra datos recolectados en su hogar a las decisiones de salud, para lo cual hemos desarrollado cuatro sistemas (ver **Figura 7**):

1. Sistema de detección de caídas:

El sistema detecta posibles eventos que pudieran estar relacionados a una caída, enviando una alerta hacia la plataforma web y móvil. Una red neuronal analiza los datos desde sensores térmicos de baja resolución y, mediante un modelo ya entrenado previamente con caídas, determina si los datos recibidos concuerdan con un evento de este tipo. El modelo de red neuronal implementado es llamado “Bidirectional Long Short Term Memory” (BLSTM) [19].

2. Sistema de detección de signos clínicos anormales:

A partir de los datos captados por sensores térmicos y sensores de movimiento, se busca identificar las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria para detectar posibles comportamientos anormales tales como, deambular, cambio en los patrones de sueño, u otros.

También buscamos detectar otros signos clínicos que pudieran ser relevantes para el cuidado del adulto mayor, como por ejemplo nicturia, que hace referencia al incremento en la producción de orina, provocando la necesidad de orinar varias veces durante la noche. Implementamos un sensor de conductividad en el agua del retrete, detectando variaciones relacionadas a los eventos de micción [20].

3. Sistema de monitoreo de niveles gas, humedad y temperatura:

Para prevenir accidentes por fugas de gas o emanaciones de monóxido de carbono se instala este dispositivo cerca de las posibles fuentes de riesgo. Cada cinco minutos se envía a una plataforma web los datos de los sensores, siendo posible ver los datos históricos registrados. En caso de detectarse alguna emanación se envía una alerta al celular del paciente y a su entorno social.

4. Sistema de alerta:

Se le entrega al paciente un botón de alerta con GPS, el cual al ser presionado envía una alerta a la plataforma web y móvil del sistema para gestionar el envío de ayuda. Paralelamente, con este sistema se detectan las trayectorias del adulto mayor identificando la pérdida de la noción del espacio-tiempo en el exterior del hogar. La complejidad de cada trayectoria es posible cuantificarla usando un modelo matemático basado en el cálculo de la curva de entropía [21]. Recorridos con entropía baja podrían indicar que el adulto mayor tiene claro los lugares que visita, mientras recorridos con valores altos de entropía indicarán que el adulto mayor no tiene claro en qué lugar está y por tanto se podría encontrar perdido, alertando a su entorno cercano.



Figura 7. Plataforma de monitoreo de "Viviendas Sociales Inteligentes" implementada en San Antonio y Valparaíso.

CONCLUSIONES

Hoy nos encontramos viviendo una revolución digital en todos los ámbitos y su integración en la salud no se encuentra exenta de desafíos y oportunidades. Tanto los especialistas como los usuarios deben adaptarse a esta nueva realidad, en este nuevo mundo conectado, significando un cambio en la forma en que se hacían regularmente las cosas. La tecnología trae consigo una mejor calidad de vida, mejores diagnósticos y mejor optimización de los recursos, pero debemos estar preparados tanto en infraestructura como en seguridad para garantizar la entrega de un servicio confiable a la comunidad.

Chile no se está quedando atrás en esta nueva revolución. Las políticas de estado a través de la "Agenda de Transformación Digital" y el nuevo Departamento de Salud Digital allanan el camino para una informatización de los servicios públicos que traerá consigo desafíos de interoperabilidad entre los sistemas, estandarización de los procesos, seguridad en el control de datos y una coordinación masiva entre las diferentes instituciones. ■

REFERENCIAS

- [1] La cuarta revolución industrial, Klaus Schwab, 2016.
- [2] Estrategia y plan de acción sobre eSalud, Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud, 2011.
- [3] “SIDRA II, el plan tecnológico que el MINSAL desechó y que, en su primera etapa, generaba ahorros por \$294 mil millones”, Economía y Negocios, 16 de julio de 2017. Disponible en <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=379327>
- [4] “Hospital Digital enfrenta difícil puesta en marcha con menos consultas de las esperadas”, El Mercurio, 29 de mayo de 2019. Disponible en <https://digital.elmercurio.com/2019/05/29/C/8V3JT9M8>
- [5] “MINSAL crea departamento de salud digital”, Trendtic, 12 de julio de 2019. Disponible en <https://www.trendtic.cl/2019/07/minsal-crea-departamento-de-salud-digital/>
- [6] Dr. Héctor Fuenzalida Cruz, Subsecretaría de Redes Asistenciales, MINSAL.
- [7] “Nueva Administración del Ministerio de Salud instruyó reorganización del Hospital Digital”, El Mercurio, 15 de julio de 2019. Disponible en: <https://digital.elmercurio.com/2019/07/15/C/JC3KIMVG#zoom=page-width>
- [8] Ministerio de Salud, 23 de mayo de 2018. Disponible en <https://www.minsal.cl/ministro-de-salud-presenta-software-que-permitira-triplicar-la-cantidad-de-examenes-para-prevenir-la-ceguera-diabetica/>
- [9] Flores, Ricardo, Donoso, Rodrigo, & Anguita, Rodrigo. (2019). Modelo de manejo en red y por telemedicina de la retinopatía diabética en dos comunas del Servicio de Salud Metropolitano Oriente. *Revista Médica de Chile*, 147(4), 444-450. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872019000400444>
- [10] Un método accesible y eficaz, en implementación en Chile para optimizar el tamizaje de Retinopatía Diabética y otras patologías, 15 de mayo de 2018. Disponible en <https://www.iapb.org/news/un-metodo-accesible-y-eficaz-en-implementacion-en-chile-para-optimizar-el-tamizaje-de-retinopatia-diabetica-y-otras-patologias/>
- [11] DART: impacto de tamizaje nacional con inteligencia artificial, 28 de junio de 2019. Disponible en <https://www.iapb.org/news/dart-impacto-de-tamizaje-nacional-con-inteligencia-artificial/>
- [12] Carla Taramasco, Rodrigo Olivares, Roberto Muñoz, Ricardo Soto, Matías Villar, Víctor Hugo C. de Albuquerque, The patient bed assignment problem solved by autonomous bat algorithm, *Applied Soft Computing*, Volume 81, 2019, 105484, ISSN 15684946, <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105484>.
- [13] Atenciones de la Red Asistencial Pública. <http://www.deis.cl/estadisticas-redpublica/>. Accedido por última vez octubre de 2018.
- [14] Martí Josep. Las largas esperas en la atención sanitaria pública, un problema de pérdida de calidad. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Vol. XII, núm. 270 (102). 2008.
- [15] INE. Población adulta mayor en el bicentenario. 2010.
- [16] Con inteligencia artificial buscan mejorar gestión de camas hospitalarias, 11 de febrero de 2019. Disponible en <http://www.mercuriovalpo.cl/impresal/2019/02/11/full/cuerpo-principal/18/>
- [17] CESFAM de Pucón lanza programa de monitoreo a distancia de pacientes crónicos, 25 de julio de 2018, Minsal. Disponible en <https://www.minsal.cl/cesfam-de-pucon-lanza-programa-de-monitoreo-a-distancia-de-monitoreo-de-pacientes-cronicos/>
- [18] Adultos mayores de San Antonio ya cuentan con hogares inteligentes, 24 de abril de 2019, Labitec. Disponible en <http://www.labitec.cl/detalleNoticia.html?id=202>
- [19] C. Taramasco et al., "A Novel Monitoring System for Fall Detection in Older People," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 43563-43574, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2861331.
- [20] C. Taramasco et al., "A Novel Low-Cost Sensor Prototype for Nocturia Monitoring in Older People," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 52500-52509, 2018. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2868607.
- [21] M. Mendès-France, Chaotic Curves. *CIRM Colloquium on Rhythms in biology and other fields of applications*, Demongeot J. et al. eds. *Lecture Notes in Biomaths* 49, 344-357 (1983).