

Una hoja de ruta hacia los servicios inteligentes en la asistencia sanitaria

Marco Opazo-Basáez¹, Sarfaraz Ghulam Muhammad², Daniel Arias-Aranda³, Valentín Molina-Moreno⁴

¹ Universidad de Granada (España)

² SRH Hochschule Berlin (Alemania)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7696>

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas los sistemas sanitarios se han visto afectados por el complejo panorama de la atención sanitaria a nivel mundial, el cual se ha visto agravado por las crecientes alzas en los costes operacionales, una creciente carga de enfermedades crónicas producto de una sociedad cada vez más longeva y una disminución radical en el número de profesionales de la salud [1]. Este complejo escenario ha influido ampliamente tanto en la gestión como en la prestación de los servicios sanitarios [2, 3]. En respuesta a este contexto, las instituciones sanitarias se han apoyado en la implementación de soluciones tecnológicas para respaldar, innovar y ampliar los servicios que impactan la forma en que se gestiona la salud de una persona. Técnicamente, la adopción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el sector sanitario se denomina como sanidad electrónica (*e-Health*) [1]. Este concepto hace referencia a los procesos mediante los cuales los servicios sanitarios son suministrados, de forma directa a través del uso innovador de estas tecnologías [4], asegurando la comunicación y colaboración entre pacientes y profesionales sanitarios de forma efectiva, eficiente y asequible.

En la actualidad, *e-Health* está redefiniendo la forma en que la asistencia sanitaria ha sido suministrada durante décadas, a través de la adopción de avances tecnológicos emergentes tales como la *Internet de las Cosas* (IoT) y la Computación Pervasiva y Ubicua; tecnologías dotadas con inteligencia, capacidades de detección y comunicación inalámbrica, las cuales mediante la transmisión en tiempo real de datos vitales incrementan el impacto y alcance tradicional de la salud electrónica a través de la monitorización continua y remota de las condiciones de salud del pa-

ciente [5]. Una vez recolectados, estos datos son almacenados, organizados y analizados en una infraestructura de computación en la nube (*cloud*), posibilitando la disponibilidad de datos 24/7/365 para los organismos sanitarios sin restricciones de tiempo ni espacio [6].

La integración de estas tecnologías dará origen a una extensa gama de servicios asistenciales, capaces de transformar el actual sistema centralizado, basado casi en su totalidad en el tratamiento hospitalario hacia un modelo descentralizado de atención continua e individualizada en el que hospitales, organismos sanitarios y pacientes están estrechamente implicados a lo largo del proceso asistencial. Sin embargo, esta profunda transición requerirá indispensablemente de la implementación de estos nuevos avances en el campo de las TIC. Solo así las instituciones sanitarias podrán ser partícipes de estas innovadoras posibilidades de proporcionar atención y apoyo y, en consecuencia, expandir la prestación de servicios hacia nuevos horizontes [7]. El principal objetivo de este artículo es sintetizar la literatura científica existente sobre los requisitos tecnológicos claves para la prestación efectiva de servicios inteligentes en la asistencia sanitaria.

1. ELEMENTOS TECNOLÓGICOS Y SUS CARACTERÍSTICAS

1.1. E-HEALTH

Las tic en la asistencia sanitaria

La adopción, utilización y proliferación de las TIC ha beneficiado, transformado y revolucionado múltiples industrias en todo el mundo, incluyendo la práctica sanitaria [1]. En el campo de la asistencia sanitaria, la adopción de las TIC ha sido calificada a nivel mundial como un método para mitigar la brecha entre la creciente demanda de atención médica y el suministro efectivo de dicha atención [8]. Su desarrollo progresivo dentro del sector de la salud, junto con la irrupción de la *Internet* a principio de los años 90, ha dado lugar a la salud electrónica o *e-Health*; un concepto innovador que define un nuevo campo en la intersección de la informáti-

ca médica, la salud pública y los negocios, el cual hace referencia a los servicios de salud y la información entregada o proporcionada a través de la *Internet* y las tecnologías relacionadas. En un sentido más amplio, este término caracteriza no sólo un desarrollo técnico, sino también un estado mental, una manera de pensar, una actitud y un compromiso para el pensamiento en red, de forma global, dirigido a mejorar la atención de salud a nivel local, regional y mundial mediante el uso de las tecnologías de la información y la comunicación [9].

Durante las últimas décadas, *e-Health* se ha convertido en una vasta fuente de información para el asesoramiento y tratamiento en la asistencia sanitaria [4], beneficiando el cuidado de la salud a través de los servicios de atención a distancia en zonas remotas [3], promoviendo la investigación médica y su enseñanza [8]. A este respecto, la literatura existente sobre *e-Health* identifica dos líneas concretas sobre sus competencias en comunicación; por una parte, algunos estudios [10], afirman que *e-Health* facilita la colaboración *intraorganizacional* debido a que permite una comunicación fluida, reducción de obstáculos o retrasos durante este proceso y una retroalimentación apropiada para la creación y la rápida difusión de innovadoras prácticas y tratamientos de salud. Por otra parte, diversos estudios [4] afirman que *e-Health* promueve la comunicación *interorganizacional* en la práctica sanitaria a través de la generación y difusión de información relacionada con la salud, como son los registros médicos electrónicos (EMR) o historiales médicos, lo que permite la comunicación y colaboración instantánea entre instituciones de salud.

Sin embargo, en los últimos años los principales avances tecnológicos en el campo de *e-Health* se centran principalmente en la integración y la interconectividad entre tecnologías especializadas de computación ubicua, particularmente pequeños dispositivos de detección capaces de comunicarse entre sí y coexistir con la infraestructura de una organización, en torno a una nueva tecnología emergente denominada la *Internet de las Cosas* [2, 3, 11].

2. TECNOLOGÍAS FACILITADORAS ESENCIALES

2.1. LA INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

Una nueva fuente de servicios sanitarios

Introducida por primera vez por el trabajo del Auto-ID Center del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) [12], este nuevo paradigma anuncia una plataforma de red global de objetos interconectados (miles de millones de máquinas) que no sólo son capaces de recoger información de su entorno (capacidades de detección) e interactuar con el mundo físico que les rodea (accionamiento / mando / control), sino que además mediante el uso de estándares de internet son capaces de proporcionar servicios de transferencia, análisis, aplicación y comunicación de información [13], con este objetivo, el IoT incorpora procesos hombre-máquina (H2M) los cuales permiten la interacción humana con dispositivos /objetos [14], y procesos máquina-máquina (M2M) en los cuales los objetos son capaces de comunicarse entre sí, sin necesidad de ningún tipo de intervención o participación humana. Por lo tanto, la idea general detrás de este concepto es la presencia omnipresente en nuestro entorno de una variedad de cosas/objetos o máquinas potenciadas con capacidades de detección y que a través de esquemas de direccionamiento únicos, facilitan la cooperatividad entre tecnologías y personas con el fin de alcanzar objetivos comunes [15].

El paradigma de la IoT no es un avance aislado, sino más bien una combinación de aspectos y tecnologías procedentes de diferentes enfoques, tales como la computación ubicua y pervasiva, los protocolos de Internet, las tecnologías de sensores, las tecnologías de la comunicación, y los dispositivos embebidos, los cuales convergen para formar un ecosistema donde el mundo real y el mundo digital se unen y se mantienen continuamente en una interacción simbiótica [16]. En los dominios de la IoT, diferentes tipos de datos (ej. información sobre sonido, luz, calor, electricidad, mecánica, química, biología, ubicación, etc.) son adquiridos en tiempo real mediante diferentes tecnologías de detección, tales como la identificación por radiofrecuencia (RFID) y las redes de sensores inalámbricos (WSN), integrando la información del mundo real al mundo digital [13]. El rápido acceso a la información del mundo real o físico originará una gran variedad de servicios capaces de generar una mayor eficiencia y productividad en la economía global [17],

introduciendo nuevos modelos de negocio capaces de aprovechar sustanciales ventajas económicas y sociales [15-18].

Como resultado, con el tiempo los avances de la IoT darán lugar a una extensa variedad de Desarrollos Materiales de Detección (DMD) u objetos / estructuras cotidianas configurados / estructurados / constituidos incorporando tecnologías de detección para la adquisición y transmisión de datos, capaces de proporcionar tanto, las funciones convencionales para las cuales han sido desarrollados / diseñados / constituidos, como acceso a la información digital a través de atributos de comunicación. En consecuencia, la capacidad para realizar tareas de detección; recolección y transferencia de información sobre fenómenos ambientales, parámetros fisiológicos, o los hábitos del usuario, dará a luz a una gran variedad de aplicaciones y servicios personalizados, con independencia del campo de aplicación.

2.2. LA COMPUTACIÓN UBICUA Y PERVASIVA

2.2.1. Extendiendo los límites de la asistencia sanitaria

Tal como se ha descrito anteriormente, la IoT es una combinación de aspectos y tecnologías unificadas con el fin de crear un ecosistema capaz de generar servicios personalizados en múltiples campos de aplicación. Sin embargo, la esencia de estos enfoques tecnológicos incorporan principios provenientes de la computación ubicua y pervasiva como: (1) conectividad ubicua, es decir, la capacidad general de los objetos para comunicarse (en cualquier lugar y en cualquier momento), (2) computo pervasivo, es decir, el potenciamiento de objetos con el poder de procesamiento (el medio ambiente que nos rodea se convierte en el ordenador), y (3) la Inteligencia Ambiental (Aml), es decir, la capacidad de los objetos para registrar cambios en el entorno físico e interactuar activamente en estos procesos (entornos sensibles al contexto) [19]. Estos tres principios fundamentales desempeñan un papel clave para conseguir la materialización de la IoT, incorporando tecnologías de sensores inalámbricos en objetos cotidianos. Técnicamente, los objetos potenciados con este tipo de tecnologías se denominan como *objetos inteligentes* [13, 16, 20]. Por lo tanto, la IoT se puede describir como el modelo de Internet que se utiliza para la interconexión de objetos inteligentes los cuales se comunican entre sí bajo una red construida por cosas.

A medida que se expanda la IoT en los próximos años, traerá consigo nuevas

oportunidades e importantes beneficios para el cuidado de la salud. Una amplia gama de objetos inteligentes hará posible la obtención de datos en cualquier lugar y en cualquier momento a través de la monitorización en tiempo real de parámetros médicos (por ejemplo, temperatura, presión arterial, frecuencia cardíaca, nivel de colesterol, etc.) Facilitando el diagnóstico médico y el control de la salud sin la necesidad de la presencia física de un médico [20], introduciendo múltiples ventajas para determinadas categorías de personas con una fuerte necesidad de cuidados en el hogar, tales como: personas mayores, personas con discapacidad y personas con necesidades especiales. Estas categorías representan un segmento creciente de la población, el cual sufre de enfermedades crónicas, condiciones de largo plazo y deficiencias físicas que les impiden tomar un papel activo en la sociedad [11, 16]. A continuación, se introducen los principales avances tecnológicos que hacen posible la contribución de los objetos inteligentes en la asistencia sanitaria.

2.2.2. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

RFID es una tecnología de rastreo inalámbrico que utiliza microchips y ondas de radio para identificar automáticamente objetos etiquetados y transferir información de dichos objetos, actuando como un código de barras electrónico [13, 15, 16, 20]. La composición básica de un sistema RFID consiste en lectores de etiquetas, etiquetas y servidores finales los cuales procesan los datos recogidos por los lectores desde las etiquetas [15, 21]. Básicamente, esta tecnología permite que cualquier dispositivo etiquetado sea móvil, inteligente y capaz de comunicarse con la infraestructura de TIC de una organización.

Esta tecnología fue adoptada principalmente por las instituciones de salud con el fin de agilizar los procesos basados en papel, la reducción de errores médicos y el tiempo de espera de los pacientes [22]. Rápidamente, su aplicación se propagó hacia nuevos servicios como son: la distribución de medicamentos entre pacientes hospitalizados, la identificación y trazabilidad de la sangre, y el seguimiento de material y equipo médico [23]. A lo largo de los años múltiples beneficios tales como: mejoras en la calidad de la información, fiabilidad y ahorro de tiempo conjuntamente con un mejor alineamiento de la información transmitida entre clientes y proveedores han influido en su implementación en diversos sectores industriales [13, 15, 21, 22].

2.2.3. Redes de sensores inalámbricos (WSN)

WSN son sistemas de redes inalámbricas de sensores inteligentes capaces de recoger, integrar y transmitir datos de forma autónoma mediante la incorporación de los últimos avances tecnológicos en microelectrónica, redes y comunicaciones [13, 15, 16]. Básicamente, el concepto de red viene de la interconexión de nodos de sensores distribuidos espacialmente. Por nodos nos referimos a un discreto, inalámbrico, ligero y miniaturizado hardware capaz de detectar, procesar y comunicar múltiples tipos de datos sobre un área específica de interés [6]. Además, estos nodos de sensores son capaces de trabajar en red con otros sistemas de sensores y basándose en procesos de decisiones locales intercambiar datos con usuarios externos [24].

En la práctica de la salud, cada nodo de una WSN posee una función diferente en la red, detectando diversos parámetros de salud de forma simultánea y continua. La detección de datos eléctricos, térmicos, ópticos, químicos, genéticos, entre otros, con un origen fisiológico, permite la estimación de características indicativas del estado de salud de una persona [25]. A continuación en la tabla 1, se describen algunos de los sensores que en la actualidad se utilizan en los centros médicos y su aplicabilidad en el sector de la sanidad.

2.2.4. red inalámbrica de área corporal (WBAN)

WBAN es una red de sensores inalámbricos portátiles que incorpora diferentes avances tecnológicos en el campo de los circuitos integrados, las comunicaciones inalámbricas y las tecnologías de detección que hacen posible la materialización de un sistema de gestión de salud [16]. De manera similar a una WSN tradicional, un WBAN consiste en múltiples nodos de sensores. Cada nodo es ampliamente capaz de (1) detectar señales fisiológicas, (2) procesar dichas señales, (3) almacenar los datos procesados, y (4) transmitir los datos a otros nodos y / o hacia un servidor [26]. El rápido crecimiento de estas tecnologías inalámbricas en entornos médicos implica un avance significativo hacia la superación de los problemas demográficos, sociales y económicos por los que atraviesa la asistencia sanitaria a nivel mundial.

Hoy en día es posible utilizar los teléfonos inteligentes o Smartphones como una plataforma para la monitorización de parámetros médicos, una nueva rama tecnológica de la sanidad electrónica llamada m-Health [1]. Esta innovación tecnológica aspira a ser el futuro de la me-

Nombre	Abreviación	Descripción
Electrocardiograma	(ECG)	Proporciona la actividad eléctrica del corazón, útiles para descubrir la arritmia cardiaca.
Electromiógrafo	(EMG)	Proporciona la actividad eléctrica de los músculos esqueléticos, útiles para detectar enfermedades neuromusculares.
Electroencefalograma	(EEG)	Proporciona la actividad eléctrica cerebral espontánea, útiles para detectar la epilepsia.
Fotopletismógrafo	(PPG)	Proporciona datos para medir la saturación de oxígeno en sangre, útil para detectar el volumen del flujo sanguíneo.
Monitor Continuo de Glucosa	(CGM)	Proporciona tendencias periódicas de azúcar en la sangre para determinar los niveles de glucosa.

Tabla 1: Tecnologías de sensores inalámbricos utilizados actualmente en la asistencia sanitaria

dicina estableciendo un nuevo escenario para el cuidado de la salud, más accesible a través del uso de dispositivos móviles y aplicaciones móviles, un paso sin precedentes hacia la descentralización de la asistencia sanitaria, que sin duda dará a luz a una plétora de nuevas oportunidades de tratamiento y control. Sin embargo, se debe tener muy en consideración el grado de seguridad adecuado para tal información; ya que los datos sanitarios son muy sensibles y por lo tanto, exigen el uso de protocolos eficientes para proteger a los pacientes de usuarios no autorizados o robos de información [1].

2.3. COMPUTACIÓN EN LA NUBE
La asistencia sanitaria en la nube

La computación en nube (Cloud computing) no puede ser entendida simplemente como un fenómeno independiente

en el mercado de las TIC, sino más bien como un ingrediente base de la transformación más grande en esta industria, la cual modificará por completo este ecosistema [27]. Este nuevo paradigma está transformando rápidamente la manera en que la infraestructura de las TIC ha sido proporcionada y consumida, ofreciendo a los usuarios y las empresas recursos computacionales diseñados y gobernados en forma de servicios, re-clasificando las TIC desde una costosa "inversión de capital" en activos tecnológicos a un "pago por uso" de funcionamiento operativo [28], donde un proveedor de servicios cloud es el que mantiene y administra todos los recursos informáticos que se ofrecen al usuario final en forma de servicios [29]. Estos servicios en la nube se clasifican en tres categorías principales [27]. A continuación en la Figura 1; se resumen estos servicios.



Software como Servicio (SaaS)

Es una plataforma multi-usuario que proporciona el despliegue de aplicaciones en el entorno cloud. Los usuarios pueden ejecutar aplicaciones y acceder de forma remota a sus datos utilizando diversas aplicaciones proporcionadas por el proveedor de servicios en una modalidad de pago-por-uso (por ejemplo, Google Docs, Zoho y Office365)



Plataforma como Servicio (PaaS)

Es una plataforma de desarrollo que permite a los usuarios adaptar aplicaciones existentes (legacy), y desplegar aplicaciones de software de desarrollo propio utilizando lenguajes de programación, servicios, bibliotecas y otras herramientas para desarrolladores (por ejemplo, Google App Engine)



Infraestructura como Servicio (IaaS)

Es una plataforma que proporciona el hardware y software (recursos informáticos). Representa la base del entorno cloud, donde los usuarios de servicios cloud pueden alquilar procesamiento, almacenamiento, redes, y comunicación a través de máquinas virtuales (por ejemplo Amazon EC2 y Microsoft Windows Azure)

Figura 1: Modelos de servicios de computación en la nube



Figura 2: Modelos de implementación de computación en la nube

Todos los modelos de servicios en la nube anteriormente descritos se negocian entre los proveedores servicios cloud y los usuarios mediante un acuerdo de nivel de servicios (SLA) con el fin de garantizar la calidad del servicio (QoS) y asegurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos [29]. Por otra parte, dependiendo de la estructura organizativa y las necesidades de los usuarios, se han establecido cuatro modelos diferentes de implementación y despliegue de la computación en la nube [27]. A continuación, la Figura 2 resume dichos modelos de implementación y despliegue.

La sanidad electrónica en la cloud proporcionará múltiples oportunidades en el

sector sanitario, esto significa soluciones de almacenamiento y software las cuales facilitaran las rutinas y los procedimientos cotidianos de una manera flexible y escalable [29]. Además, debido a su confinidad con otros avances tecnológicos como el Big data, una infraestructura cloud puede constituirse como la plataforma ideal para gestionar tanto el almacenamiento masivo de datos como la realización de complejos y minuciosos análisis de datos [1]. Estos son beneficios considerables para las pequeñas instituciones sanitarias, las instituciones de atención comunitaria y los consultorios médicos, los cuales serán capaces de implementar complejas infraestructuras de TIC y servicios avanza-

dos de datos para apoyar sus operaciones sin tener que hacer frente a los altos costos iniciales y operativos. Esto facilitará el intercambio (interna y externamente) de información y garantizará el acceso a los datos médicos en cualquier lugar y en cualquier momento por parte de las instituciones de la salud involucradas en el proceso asistencial [6].

3. RESULTADOS

3.1. LOS SERVICIOS INTELIGENTES EN LA ASISTENCIA SANITARIA

Una mirada hacia el futuro de la asistencia sanitaria

Los servicios inteligentes en la asistencia sanitaria pueden definirse como:

"El proceso de seguimiento y medición continua del estado de salud y las condiciones de vida de los pacientes, de forma remota, utilizando pequeños dispositivos capaces de reunir y distribuir datos vitales sin alterar la vida cotidiana."

Estos servicios permiten a los pacientes vivir sus vidas con normalidad mientras reciben una atención sanitaria ubicua y omnipresente de forma adecuada, oportuna y de alta calidad, sin limitaciones de tiempo o espacio. El objetivo principal es proporcionar datos de salud en tiempo real con el fin de facilitar la labor de los profesionales. Posteriormente, a través de dicha información los médicos son capaces de realizar una evaluación oportuna de la salud de un paciente y, si así lo requiere, proporcionar una pronta atención médica.

Con este fin, múltiples tecnologías de detección comprendidas en la forma de objetos inteligentes se despliegan (en cualquier lugar / en cualquier objeto / y

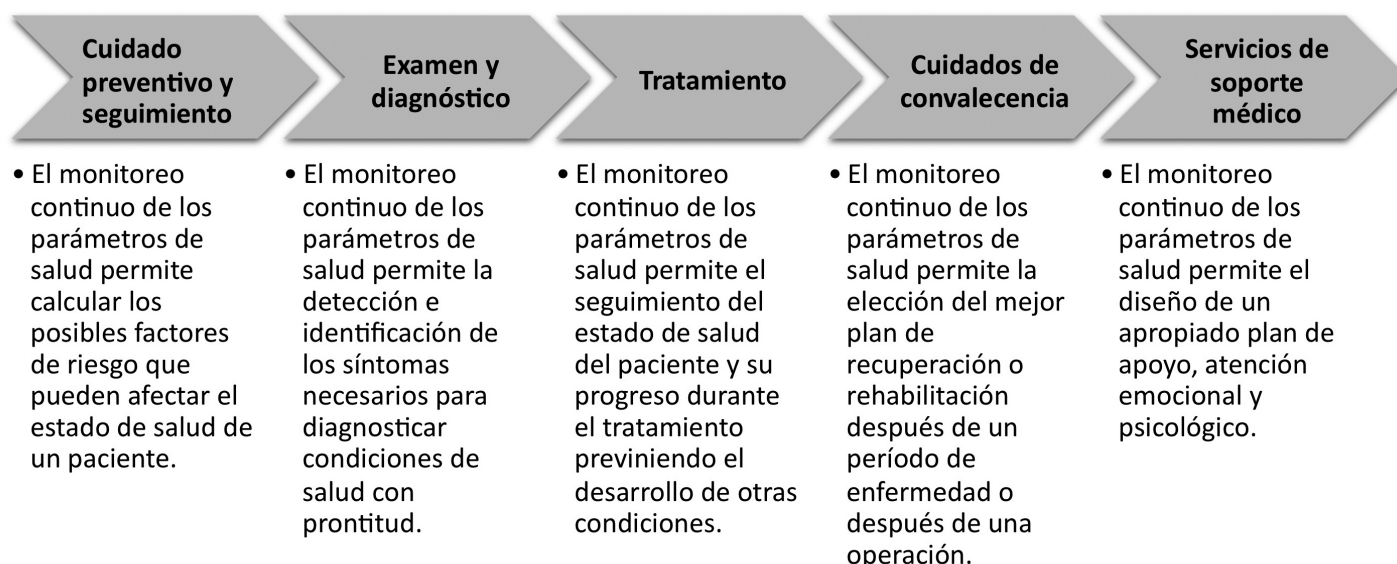


Figura 3: Proceso asistencial de los servicios inteligentes

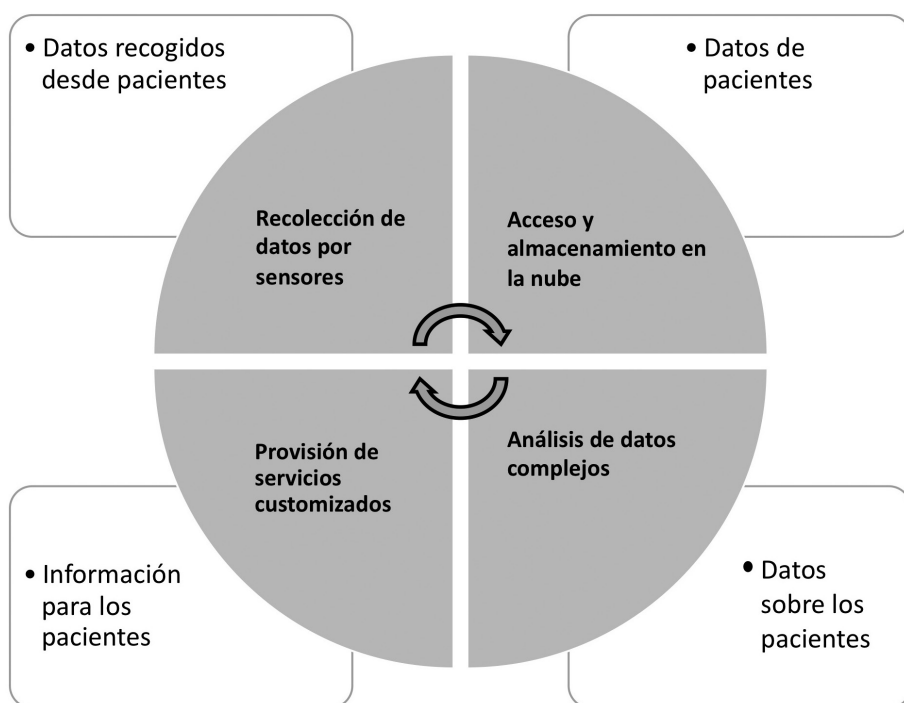


Figura 4: Proceso de personalización de los servicios inteligentes

/ o en el cuerpo humano) con el fin de obtener datos biomédicos, físicos y ambientales del paciente. Una vez obtenidos, las instituciones de salud pueden utilizar estos datos para proporcionar estos servicios a lo largo de todas las aplicaciones dentro de su plataforma cloud de atención médica. Estas aplicaciones dan forma a un innovador proceso dividido en cinco etapas de atención; cada etapa representa un objetivo independiente para la prestación de servicios inteligentes. La Figura 3 muestra las aplicaciones y los resultados previstos a lo largo de este nuevo proceso asistencial.

La clave de estos servicios radica en su potencial para extraer valor de los datos recogidos. Así, los servicios inteligentes permiten a las instituciones de salud amasar enormes flujos de datos generados por los pacientes. Estos datos proporcionan información y directrices fundamentales para la implementación, diseño y rediseño de los servicios destinados a la atención del paciente. Así, los servicios inteligentes tienen la capacidad de transformar los datos en *información-personalizada-y-adaptativa* capaz de generar nuevas ofertas de servicios y capaz de adaptarse continuamente a las necesidades del paciente

durante cada etapa del proceso asistencial, siguiendo un proceso de personalización continua. La figura 4 establece el proceso de personalización continua en los servicios inteligentes.

Durante este proceso, los datos sanitarios son recolectados, almacenados, organizados y analizados en el sistema de salud basado en la cloud, permitiendo tanto a médicos, pacientes y familiares el acceso a la información de forma segura y rápida, desde cualquier lugar y en cualquier momento. Por otra parte, el análisis de datos, a través del uso de big data, hará posible descubrir patrones ocultos, correlaciones otrora desconocidas, y tendencias significativas detrás de estos datos; cruciales en el desarrollo de modelos de análisis predictivo orientados a identificar las necesidades específicas de atención del paciente a lo largo del proceso asistencial. Por lo tanto, los datos inicialmente recogidos desde un paciente son devueltos nuevamente a ese paciente en la forma de un servicio (Información-como-un-servicio) personalizado capaz de satisfacer las necesidades y requerimientos particulares (por ejemplo, sugerencias customizadas relacionadas con comportamientos saludables, la ingesta de alimentos, regímenes de tratamiento, modificaciones en las rutinas de medicación, o en un plan de tratamiento). No obstante, a pesar del amplio potencial que poseen los servicios inteligentes para la innovación en los servicios sanitarios y la gestión de pacientes, su implementación representa un arduo desafío para las instituciones sanitarias, ya que estas deben hacer frente a una amplia gama de complejidades, incluyendo una completa transformación de la organización [30].

Con el fin de aclarar el papel de las tecnologías y los conceptos definidos anteriormente en este artículo, se propone una plataforma IoT-Cloud. La Figura 5 muestra la integración conceptual de estas tecnologías.

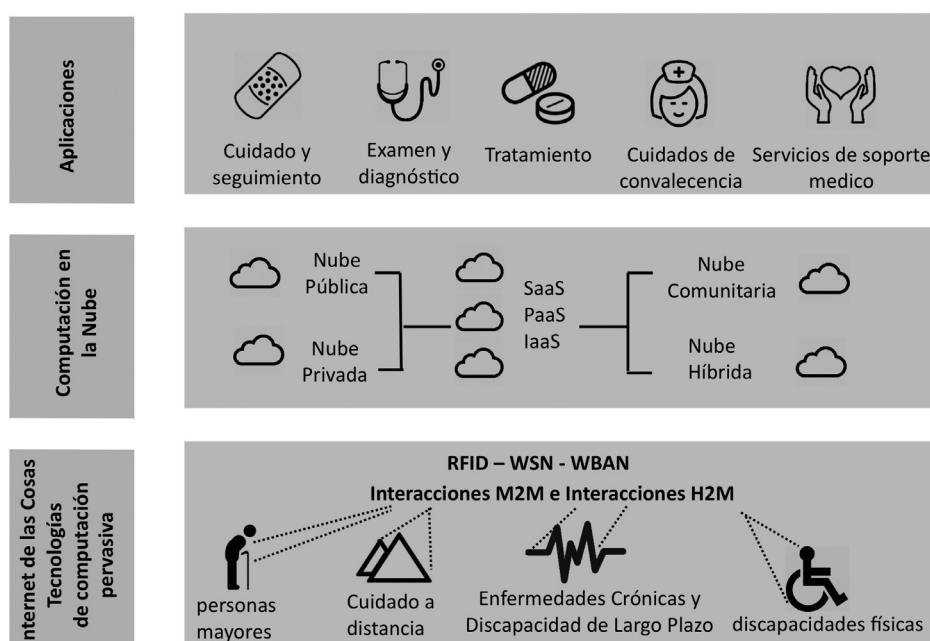


Figura 5: plataforma conceptual de los servicios inteligentes en la asistencia sanitaria

4. CONCLUSIONES

Se espera que los servicios inteligentes generen un nuevo modelo de prestación de servicios sanitarios, capaz de transformar la forma en que la asistencia sanitaria se ha proporcionado hasta el día de hoy; potenciando a las instituciones sanitarias con servicios más eficaces, basados en tecnologías de la información y la comunicación, extendiendo los servicios sanitarios más allá del ámbito de las instituciones de salud y acelerando la innovación de servicios destinada a mejorar la experiencia

del paciente y los resultados operativos. Esta transformación representa un avance radical hacia la democratización y customización del actual sistema de salud; dando lugar a una amplia gama de nuevas posibilidades para la innovación en el ámbito sanitario, y en consecuencia, beneficios sin precedentes en este sector. Sin embargo, es importante hacer hincapié en que se debe prestar especial atención a la transformación integral que requiere la innovación de servicios, así como, de los aspectos legales y éticos que conlleva la transmisión de los datos de salud, debido a la sensibilidad inherente de los mismos.

Este artículo ha revisado los requerimientos tecnológicos necesarios para la implementación efectiva de los servicios inteligentes en la asistencia sanitaria. Así mismo, el presente artículo proporciona tanto la información relevante como las características específicas de estos servicios a lo largo del proceso asistencial. Creemos que futuras investigaciones deberían examinar en detalle la adopción y el impacto de estos servicios en la asistencia sanitaria y categorizar los múltiples beneficios derivados de su aplicación.

PARA SABER MÁS

- [1] Solanas, Agusti, et al. "Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities". *IEEE Communications Magazine*, 2014, vol. 52, no 8, p. 7481. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MCOM.2014.6871673>).
- [2] Joshi, Gyanendra Prasad, et al. "Smart solutions in elderly care facilities with RFID system and its integration with wireless sensor networks". *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2014, vol. 2014. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/713946>).
- [3] Tsiaras, H.; Giokas, K.; Koutsouris, D. "Internet of Things", an RFID-IPv6 Scenario in a Healthcare Environment. In: *XII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2010*. Springer Berlin Heidelberg, 2010. S. 808-811. (DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-64213039-7_204).
- [4] Roberts, Anne, et al. "Transnational comparison: a retrospective study on e-health in sparsely populated areas of the Northern Periphery". *Telemedicine and e-Health*, 2010, 16. Jg., Nr. 10, S. 1053-1059. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2010.0075>).
- [5] Stankovic, J. A., et al. "Wireless sensor networks for in-home healthcare: Potential and challenges". In: *High confidence medical device software and systems (HCMDSS) workshop*. 2005. S. 2-3.
- [6] Lounis, Ahmed, et al. "Secure medical architecture on the cloud using wireless sensor networks for emergency management". In: *Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA)*, 2013 Eighth International Conference on. IEEE, 2013. S. 248-252. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/BWCCA.2013.142>).
- [7] Belvedere, Valeria; Grando, Alberto; Bielli, Paola. "A quantitative investigation of the role of information and communication technologies in the implementation of a product-service system". *International Journal of Production Research*, 2013, 51. Jg., Nr. 2, S. 410-426. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2011.648278>).
- [8] Ludwick, Dave A.; Doucette, John. "Adopting electronic medical records in primary care: lessons learned from health information systems implementation experience in seven countries". *International journal of medical informatics*, 2009, 78. Jg., Nr. 1, S. 22-31. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.06.005>).
- [9] Eysenbach, Gunther. "What is e-health?" *Journal of medical Internet research*, 2001, 3. Jg., Nr. 2. (DOI: <http://dx.doi.org/10.2196/jmir.3.2.e20>).
- [10] Pirnejad, Habibollah, et al. "Impact of a computerized physician order entry system on nurse-physician collaboration in the medication process". *International journal of medical informatics*, 2008, 77. Jg., Nr. 11, S. 735-744. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.04.001>).
- [11] Laranjo, Isabel; Macedo, Joaquim; Santos, Alexandre. "Internet of things for medication control: Service implementation and testing". *Procedia Technology*, 2012, 5. Jg., S. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.protec.2012.09.086>).
- [12] Sarma, Sanjay; Brock, David L.; Ashton, Kevin. "The networked physical world". *Auto-ID Center White Paper MITAUTOID-WH-001*, 2000.
- [13] Gubbi, Jayavardhana, et al. "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions". *Future Generation Computer Systems*, 2013, 29. Jg., Nr. 7, S. 1645-1660. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>).
- [14] Minoli, Daniel. "Building the internet of things with IPv6 and MIPv6: The evolving world of M2M communications". *John Wiley & Sons*, 2013. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118647059>).
- [15] Atzori, Luigi; Iera, Antonio; Morabito, Giacomo. "The internet of things: A survey". *Computer networks*, 2010, 54. Jg., Nr. 15, S. 2787-2805. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>).
- [16] Borgia, Eleonora. "The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues". *Computer Communications*, 2014, 54. Jg., S. 1-31. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>).
- [17] Bandyopadhyay, Debasis; Sen, Jaydip. "Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization". *Wireless Personal Communications*, 2011, 58. Jg., Nr. 1, S. 49-69. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11277-011-0288-5>).
- [18] Turber, Stefanie, et al. "Designing Business Models in the Era of Internet of Things". In: *Advancing the Impact of Design Science: Moving from Theory to Practice*. Springer International Publishing, 2014. S. 17-31. (DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-31906701-8_2).
- [19] Dohr, Angelika, et al. "The internet of things for ambient assisted living". In: *Information Technology: New Generations (ITNG)*, 2010 Seventh International Conference on. IEEE, 2010. S. 804-809. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ITNG.2010.104>).
- [20] Miorandi, Daniele, et al. "Internet of things: Vision, applications and research challenges". *Ad Hoc Networks*, 2012, 10. Jg., Nr. 7, S. 1497-1516. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>).
- [21] Mattern, Friedemann; Floerkemeier, Christian. "From the Internet of Computers to the Internet of Things". In: *From active data management to event-based systems and more*. Springer Berlin Heidelberg, 2010. S. 242-259. (DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-17226-7_15).
- [22] Chowdhury, Belal; Khosla, Rajiv. "RFID-based hospital real-time patient management system". In: *Computer and Information Science*, 2007. ICIS 2007. 6th IEEE/ACIS International Conference on. IEEE, 2007. S. 363368. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICIS.2007.159>).
- [23] Chen, Min, et al. "A 2G-RFID-based e-healthcare system". *Wireless Communications, IEEE*, 2010, 17. Jg., Nr. 1, S. 37-43. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MWC.2010.5416348>).
- [24] Yick, Jennifer; Mukherjee, Biswanath; Ghosal, Dipak. "Wireless sensor network survey". *Computer networks*, 2008, 52. Jg., Nr. 12, S. 2292-2330. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2008.04.002>).
- [25] Ko, Jeong Gil, et al. "Wireless sensor networks for healthcare". *Proceedings of the IEEE*, 2010, vol. 98, no 11, p. 1947-1960. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/JPROC.2010.2065210>).
- [26] Otto, Chris A.; Jovanov, Emil; Milenkovic, Aleksandar. "A WBANbased system for health monitoring at home". In: *Medical Devices and Biosensors*, 2006. 3rd IEEE/EMBS International Summer School on. IEEE, 2006. S. 20-23. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ISSMDBS.2006.360087>).
- [27] Oredo, John Otieno; Njihia, James. "Challenges of Cloud Computing in Business: Towards New Organizational Competencies". *International Journal of Business and Social Science*. 2014.
- [28] Venters, Will; Whitley, Edgar A. "A critical review of cloud computing: researching desires and realities". *Journal of Information Technology*, 2012, vol. 27, no 3, p. 179-197. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1057/jit.2012.17>).
- [29] Garg, Saurabh Kumar; Versteeg, Steve; Buyya, Rajkumar. "A framework for ranking of cloud computing services". *Future Generation Computer Systems*, 2013, vol. 29, no 4, p. 1012-1023. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2012.06.006>).
- [30] Bustinza, Oscar F., et al. "Servitization and Competitive Advantage: The Importance of Organizational Structure and Value Chain Position". *Research Technology Management*, 2015, vol. 58, no 5, p. 53-60. (DOI: <http://dx.doi.org/10.5437/08956308X5805354>).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los comentarios y las sugerencias realizadas por el editor y tres revisores anónimos. También desean agradecer al Profesor Vladimir Stantchev de la SRH Hochschule de Berlin, el cual ha colaborado en el desarrollo de esta investigación. Daniel Arias Aranda reconoce el apoyo de [ECO-2014-58472 R]. Por último, Marco Opazo Basaez agradece al Departamento de Administración de Empresas de la Universidad de Granada. El mismo autor posee una beca predoctoral FPU con dicha universidad.