



Universidad de  
**San Andrés**

**Universidad de San Andrés**  
**Escuela de Administración y Negocios**  
**Master in Business & Technology**

Nombre de la tesis: **Desarrollo de IoT, como solución para el tratamiento de enfermedades de manera remota.**

**Autor: Maximiliano González Toledo**

**DNI: 31.380.799**

**Director de Tesis: Enrique Hofman**

**Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 03/08/2018**

## **ABSTRACT**

Se estima que los dispositivos de IoT sean el medio para el desarrollo de la salud centrada en el hogar que permitan liberar la capacidad de atención de los centros de salud tradicionales. Actualmente colapsados, por la gran cantidad de personas que necesitan atención hospitalaria tanto por enfermedades de riesgo alto, como enfermedades de riesgo bajo que podrían tratarse de manera remota. Evitando así consumir la escasa capacidad de atención y permitiendo que personas que no pueden acceder a una salud de calidad con especialistas en determinada especialidad médica, tenga la oportunidad de contar con ellos de manera remota. Mediante tecnologías con base en dispositivos IoT, se puede llevar un control de las mediciones de salud de los pacientes de forma remota y constante, obteniendo datos en tiempo real, que pueden ser almacenados para su análisis.

Esta tesis la motiva la idea de que mediante soluciones tecnológicas innovadoras el sector de la salud puede lograr una clara evolución, permitiendo por una parte a los prestadores de servicios de salud reducir costos y generar nuevos negocios mejorando la calidad de vida de los pacientes, y por otra parte darle la posibilidad a los pacientes que por cuestiones geográficas o económicas no pueden acceder a una atención hospitalaria de calidad de contar con servicios especializados. Y también en el caso que el paciente sufra un tratamiento prolongado, puedan mejorar su calidad de vida y aumentar las mediciones de monitoreo de su enfermedad. Como así también serán claves para personas mayores que necesitan asistencia y controles constantes.

Se confirma en el desarrollo del trabajo que los dispositivos de IoT serán la herramienta para la evolución de muchas industrias en especial la de la salud, que como se desarrolla en este trabajo se encuentra menos evolucionada que otros sectores. Datos estadísticos demuestran que el negocio de dispositivos IoT y la salud se encuentran en un auge de crecimiento, en el cual se esperan grandes inversiones por parte de empresas privadas y por parte de gobiernos. En la tesis también se desarrollan distintos casos de estudios e

implementaciones basadas en IoT, que trajeron como resultado grandes reducciones de costo y una significativa mejora en los tratamientos médicos y la vida de los pacientes.

También se analiza como la implementación de estas tecnologías y la gran cantidad de datos que generan, apoyada en tecnologías como la inteligencia artificial, pueden lograr grandes resultados. Como por ejemplo predecir las mismas indicaciones médicas en un noventa y tres por ciento que un grupo de especialistas en oncología, lo cual en un futuro cercano, puede generar el acceso a una salud especializada a millones de personas que no lo tienen.

Para el desarrollo del ecosistema de dispositivos IoT es imprescindible que existan avances tecnológicos en el tendido de distintos tipos de redes de comunicación, específicamente generadas para conexión de estos dispositivos. Como así también la evolución de las conexiones móviles como por ejemplo la llegada de 5g. En estos aspectos las empresas de telecomunicaciones tendrán un rol fundamental, proveyendo soluciones de conectividad que permitan la interoperabilidad global. A lo que se deberán sumar más soluciones basadas en tecnologías como Cloud y Fog Computing imprescindibles para implementar una solución end to end a nivel global.

La participación de las denominadas BigTech como nuevos jugadores en el sector de la salud es un factor clave para el desarrollo del sector. Así como nuevos modelos de negocio, donde por ejemplo una cadena de farmacias ofrece atención remota a través de su aplicación mobile y atención personalizada en sus establecimientos para enfermedad de riesgo bajo.

En base a lo expuesto se concluye que el impacto causado en la vida del ser humano por los dispositivos IoT debería ser reconocido como la próxima revolución tecnológica y como la solución a los problemas existentes en la atención de la salud.

## Índice

|   |    |
|---|----|
| Plan de Tesis.....  | 6  |
| a. Tema.....  | 6  |
| b. Palabras Claves.....   | 6  |
| c. Motivación .....   | 6  |
| d. Preguntas de análisis.....   | 7  |
| e. Objetivo.....  | 8  |
| f. Metodología .....  | 8  |
| g. Cronograma.....  | 8  |
| 1. Capítulo I - Estado del arte.....  | 9  |
| Definición IoT y Espacio de investigación.....  | 12 |
| Desarrollo del universo de investigación .....  | 15 |
| La interoperabilidad es una fuente fundamental de valor en los sistemas de IoT .....  | 16 |
| Cómo las aplicaciones de tecnologías IoT crea valor .....                             | 19 |
| Recolección y explotación de datos generados por IOT .....                            | 21 |
| 2. Capítulo II - IoT salud humana.....  | 23 |
| Cambios en la atención médica basados en desarrollos de IoT.....                      | 27 |
| Tecnologías de comunicación para iot.....   | 31 |
| Arquitectura de IoT .....   | 34 |
| Cloud and fog computing.....  | 35 |
| Frameworks de atención basados en implementaciones IoT.....                           | 39 |
| Aplicaciones relacionadas a la atención médica .....                                  | 46 |
| Arquitecturas de cuidado de la salud basadas en la nube.....                          | 50 |
| 3. Capítulo III - Escenarios de aplicación de IoT de salud centrado en el hogar ..... | 55 |
| Servicios de Emergencia.....  | 55 |
| Asistencia Médica en Hogares Inteligentes .....                                       | 56 |
| Servicio de Medicación Inteligente .....  | 60 |
| Dispositivos Biomédicos Portátiles Inteligentes .....                                 | 63 |
| Servicio de Redes Sociales enfocados en la Salud.....                                 | 67 |

|  |     |
|--|-----|
| Servicio de telemedicina .....   | 69  |
| 4. Capítulo IV – Negocios y Reducción de costos en el sistema de salud centrado en la aplicación de IoT..... | 72  |
| El negocio de loHT.....  | 72  |
| Posicionamiento de la industria IoT orientada a la salud .....   | 77  |
| Mercado Dispositivos Médicos con IoT.....  | 79  |
| Participación de las BigTech con IoT en la reducción de costo en salud .....                                 | 81  |
| Reducción de costo por control remoto de la salud .....  | 86  |
| Asesores de salud digital y la importancia de la atención fuera del centro hospitalario. ....                | 90  |
| Beneficios para consumidores y proveedores en base a los asesores digitales .....                            | 92  |
| Reducción de costo evitando IAAS por atención centrada en el hogar .....                                     | 94  |
| 5. Conclusiones.....   | 97  |
| 6. Referencias.....  | 107 |
| Glosario .....   | 107 |
| Tablas .....   | 108 |
| Ilustraciones .....  | 108 |
| Gráficos .....   | 109 |
| Referencias bibliográficas .....   | 109 |

## Plan de Tesis

### a. Tema

Desarrollo de IoT, como solución para el tratamiento de enfermedades fuera de los centros hospitalarios, centrado en la salud en el hogar.

### b. Palabras Claves

IOT – EHEALTH – patient-centric care - EHR, electronic health record; DHE, digital health ecosystem- healthcare,

### c. Motivación

Los avances de los dispositivos de IoT en el mundo y la evolución que queda por delante, incentivan a investigar acerca de estas tecnologías y de sus distintos entornos aplicables. Centrando la aplicación de los dispositivos IoT en la salud, profundizando sobre cómo estas nuevas tecnologías posibilitan mejorar la calidad de vida de los pacientes y mejorar el sistema de salud.

Lo cual motiva especialmente el desarrollo de un trabajo que relacione los aspectos de avance tecnológico con el mercado que existe detrás de la innovación dentro del sector de salud. Especialmente enfocado en entender estos avances, como una posible solución para mejorar la calidad de vida de las personas enfermas y como una alternativa para disponibilizar servicio de salud de calidad a lugares que no cuentan con esa posibilidad. Además de abrir la posibilidad a que se generen nuevos descubrimientos en tratamiento de enfermedades, en base a la potencialidad de análisis y de inteligencia que se puede aplicar sobre los datos recolectados masivamente.

Teniendo en cuenta que estas tecnologías generan un aumento significativo en la capacidad de recolección de datos del paciente, logrando una mejor capacidad en la toma de decisiones y una mejora en la calidad de vida de las personas. Junto con la posibilidad de compartir esa información para obtener nuevos descubrimientos sobre el tratamiento de enfermedades a nivel mundial.

Apalancando los beneficios anteriormente detallados, se estima que con estas nuevas tecnologías se producirá una reducción significativa de los costos, tanto de monitoreo de pacientes, como los costos de atención/internación dentro del sistema de salud. Beneficiando a las empresas prestadoras de salud y a los estados que deben velar por la salud de sus habitantes.

#### d. Preguntas de análisis

¿Los dispositivos de IoT como herramienta para implementar la salud centrada en el hogar, son la solución a los problemas de capacidad asistencial de los centros de salud tradicionales?

¿Pueden las enfermedades de bajo riesgo de mortalidad, ser monitoreadas a distancia con la implementación de soluciones tecnológicas centradas en el hogar?

¿Los dispositivos IoT son el camino que la industria de la salud debe seguir, para lograr la optimización de los servicios prestados y la reducción de costos?

¿Pueden los desarrollos de salud centrada en el hogar mejorar la calidad de vida de las personas enfermas?

¿Podrán ser las implementaciones de salud digital, la herramienta indicada para diagnosticar enfermedades, recetar tratamientos y monitorear pacientes con enfermedades de riesgo alto?

#### e. Objetivo

La tesis tiene como objetivo entender cuál es la incidencia de los dispositivos de IoT para lograr que la salud pueda ser controlada desde el hogar. Y se pretende explicar los métodos y las aplicaciones que estarán colaborando para el desarrollo de esta meta. Como así también los avances en materia de atención a distancia, monitoreo y seguimiento de enfermedades.

#### f. Metodología

Se desarrollará una investigación que comenzará con la revisión bibliográfica de artículos académicos, libros, publicaciones especializadas, estudio de casos de éxito, tesis y estadísticas que traten este fenómeno. También se analizarán análisis sobre distintos medios especializados, sitios web y estudios de mercado.

#### g. Cronograma

Las etapas previstas son:

1. Revisión bibliográfica y metodológica -> Tiempo estimado 1 mes
2. Reelaboración del marco teórico -> Tiempo estimado 15 días
3. Análisis y colección de datos adicionales -> Tiempo estimado 1 mes
4. Redacción preliminar -> Tiempo estimado 2 meses
5. Correcciones -> 15 días
6. Edición final -> 1 mes

Total estimado = 6 meses



## 1. Capítulo I - Estado del arte

En los próximos años se espera que se despliegue una excesiva cantidad de nuevos objetos heterogéneos conectados entre sí. Esto exigirá que se desarrolle una amplia conectividad en cualquier lugar, en cualquier momento y de cualquier forma, proporcionando a cada individuo la capacidad de recopilar y compartir datos del entorno. Como así también interactuar con humanos y otros dispositivos.

Estos avances traerán aparejados no solo la evolución de los servicios tradicionales, sino también el despliegue de nuevas categorías de servicios, que permitirán el transporte inteligente, el monitoreo inteligente, hogares inteligentes, la salud digital, las ciudades inteligentes y la agricultura inteligente, entre otros. Para designar este nuevo paradigma se inventó el nombre Internet of Things (IoT) Internet de las Cosas.<sup>1</sup>

Los dispositivos de IoT están creciendo rápidamente, se estima que se conectan 127 dispositivos nuevos cada segundo, durante los primeros meses de 2018. Las aplicaciones nuevas se dirigen hacia distintos rumbos, pero siempre enfocadas en los consumidores. Se avanza en sistemas de hogares inteligentes, en los automóviles conectados y todos aquellos sistemas que faciliten la vida de los seres humanos. Al mismo tiempo que otras implementaciones ayudan a las empresas a optimizar las operaciones que van desde la fabricación hasta la segmentación del cliente. Así como otras se enfocan en ayudar al individuo o profesional en lo que respecta a la salud. Pero hay que considerar que a medida que los dispositivos de IoT se expanden, los gastos de conectividad de las empresas aumentarían aproximadamente un 15% (quince por ciento) anual hasta el 2022. Para capturar este crecimiento y sostenerlo, los proveedores de conectividad ampliarán su cobertura e investigarán tecnologías innovadoras, incluidas las redes de área amplia y baja potencia (LPWAN). Dichos cambios podrían tener importantes repercusiones para las empresas que venden dispositivos o servicios de IoT.

Durante muchos años, las empresas confiaron en los contactos del país para seleccionar proveedores de conectividad. Pero a medida que IoT se vuelve más importante para el resultado final, las compañías deben reevaluar sus necesidades de conectividad y tomar decisiones que consideren la cobertura global, capacidades de conmutación inteligente, entrega de servicios, fijación de precios, seguridad y experiencia en dispositivos IoT.<sup>2</sup>

En este escenario, "think" puede ser cualquier dispositivo dotado de conectividad de red que le permita recibir datos estructurados o solicitudes para la ejecución de tareas específicas, o enviar información sobre sí mismo o sobre cualquier información temporal como la recopilada por los sensores adjuntos. Los ejemplos de cosas (things) pueden incluir semáforos (ciudades inteligentes), automóviles (transporte inteligente), dispositivos portátiles (e-Health) o sensores de seguimiento (monitoreo inteligente). Sin embargo, se reconocen los beneficios potenciales proporcionados por escenarios inteligentes, como se muestra en la siguiente tabla, y la consecuente creación de una gran cantidad de datos y tráfico de red.

Simultáneamente, junto con el desarrollo de tecnologías de data center (DC), la computación en la nube se ha posicionado como un habilitador clave para las aplicaciones de los dispositivos IoT<sup>3</sup>. Esto está motivado por el modelo de computación de autoservicio, escalable, independiente de la ubicación y pago por uso. Que también ofrecen una gran capacidad de almacenamiento y procesamiento adecuados para la demanda de servicios requeridos por los dispositivos IoT. Además, la computación en la nube brinda capacidades de virtualización e instalaciones de centros de datos masivos a dispositivos IoT. En los capítulos posteriores también se desarrollan las tecnologías de computación en la FOG/EDGE, como variantes de cloud computing.

## Tabla 1

**Tabla 1.1: IoT Units Installed Base by Category (Millions of Units)**

| <b>Categoría</b>            | <b>2016</b>    | <b>2017</b>    | <b>2018</b>     | <b>2020</b>     |
|-----------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Consumer                    | 3,963.0        | 5,244.3        | 7,036.3         | 12,863.0        |
| Business: Cross-Industry    | 1,102.1        | 1,501.0        | 2,132.6         | 4,381.4         |
| Business: Vertical-Specific | 1,316.6        | 1,635.4        | 2,027.7         | 3,171.0         |
| <b>Total</b>                | <b>6,381.8</b> | <b>8,380.6</b> | <b>11,196.6</b> | <b>20,415.4</b> |

Grafico 1: Gartner (January 2017)*Error! Marcador no definido.*

Otros desafíos están relacionados con la necesidad de hacer frente a una amplitud de objetos heterogéneos son las arquitecturas de hardware, los habilitadores de comunicación, los perfiles de energía y la movilidad. También podemos encontrar atributos funcionales como el software, interfaz de usuario y costos. <sup>4</sup>. De hecho, aunque varias aplicaciones de IoT se implementan con éxito en la actualidad, la mayoría de ellas se limitan a áreas pequeñas, como aplicaciones industriales o domésticas. Las futuras aplicaciones de IoT deberán aprovechar el enorme crecimiento en la cantidad y la capacidad de los dispositivos móviles para implementar servicios en grandes área, como en las ciudades inteligentes. Dichos servicios se basarán en un modelo colaborativo, donde los usuarios finales móviles compartirán los datos. <sup>5</sup>

El Internet de las cosas todavía se encuentra en las primeras etapas de crecimiento. Cada día más máquinas, elementos de infraestructura, vehículos y personas están siendo equipadas con sensores interconectados para informar su estado, recibir instrucciones e incluso tomar medidas basado en la información que reciben. Se estima que en 2013 había más de nueve mil millones de dispositivos conectados en todo el mundo, incluidos teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras. Se espera en la próxima década, que este número

umente dramáticamente, con estimaciones que van desde 25 mil millones a 50 mil millones de dispositivos en 2025. <sup>6</sup>

Hoy estamos entrando en una etapa crítica en la evolución de los dispositivos IoT, varios cambios tecnológicos significativos se han unido para permitir el aumento del desarrollo de dicha tecnología. Los precios del hardware de IoT están cayendo, sensores, potencia de procesamiento, ancho de banda de red y almacenamiento en la nube, se encuentran al alcance de más usuarios. También hay un progreso significativo hacia la cobertura inalámbrica ubicua a bajo costo, un facilitador esencial para la adopción global. Las aplicaciones de IoT también se benefician de los avances en Big Data y capacidades analíticas avanzadas como la IA. <sup>7</sup>

#### Definición IoT y Espacio de investigación

Internet de las cosas o internet en TODO (Internet of Everything (IoE)); como también se lo suele denominar “Internet en todo y para todos” constituye la segunda gran revolución tecnológica después de la existencia misma de la Web y ya está teniendo implicaciones en todos los campos de la vida económica, social, salud y cultural.

La Fundación de la Innovación define Internet de las Cosas como un “nuevo concepto que completa la evolución de las comunicaciones y la informática, aplicándola a los objetos dentro de nuestra vida cotidiana”.

El término “cotidiano” resulta interesante en esta definición, especialmente porque lo cotidiano trasciende a las computadoras de escritorio y los teléfonos celulares o tabletas; el cotidiano en los dispositivos IoT puede ser un semáforo, un pastillero, un cultivo o una ciudad.

El principio funcional del Internet de las Cosas son las tecnologías máquina a máquina (M2M), que permiten la comunicación entre aparatos, captando información y convirtiéndola en acciones puntuales. Según BankInter, el ‘Machine to machine’ se refiere

a “las tecnologías que permiten que tanto los sistemas inalámbricos como por cable puedan comunicarse con otros dispositivos de la misma capacidad. M2M utiliza un dispositivo (como un sensor o medidor) para capturar un evento (como la temperatura, nivel de inventario, etc.), que se retransmite a través de una red hacia una aplicación (software), que traduce el evento capturado en información significativa”.<sup>8</sup>

La frase "Internet de las cosas" (IoT) fue acuñada a comienzos del siglo XXI por el Centro de identificación automática del MIT con mención especial a Kevin Ashton<sup>9</sup> y David L. Brock<sup>10</sup>. Y se lo define como un sistema ciber-físico complejo, que integra todo tipo de dispositivos y sistemas de detección, identificación, comunicación, redes e informática, y conecta a la perfección a todas las personas y las cosas según los intereses, para que cualquiera, en cualquier momento y en cualquier lugar, a través de cualquier dispositivo y medio, puede acceder de manera más eficiente a la información de cualquier objeto y servicio (UIT 2005, Sociedad de la información de la Comisión Europea 2008 y 2009).

"Ubicuo" es la característica distintiva de las tecnologías IoT, por lo que suele estar relacionado con la identificación ubicua<sup>11</sup>, detección ubicua (ITU-T, 2008), informática ubicua<sup>12</sup>, inteligencia ubicua<sup>13</sup> entre otros. Como se muestra en la siguiente ilustración, se ve una descripción de todo lo que puede abarcar

## Ilustración 1



Jon Berkeley descripción realista de Internet de las Cosas. *The Economist* en 2007 (*The Economist* 2007).

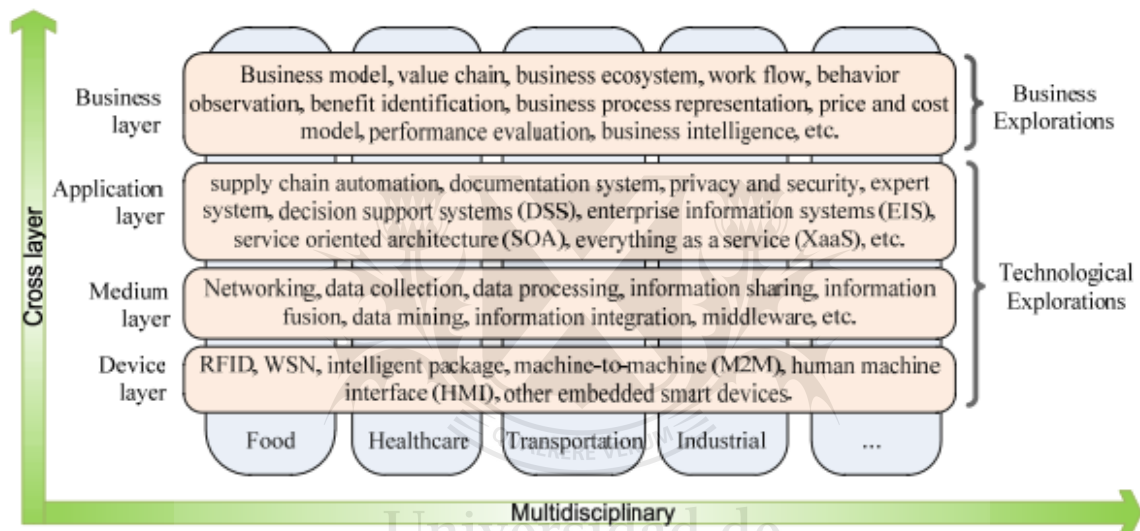
La ilustración busca mostrar como el impacto causado por los dispositivos IoT en la vida humana. Y se estima que será tan significativo como fue "Internet" en las últimas décadas, por lo que las tecnologías IoT son reconocidas como "el próximo de Internet".

Una parte de las tecnologías habilitadoras son Wireless Sensor Network (WSN), Intelligent and Interactive Packaging (I2Pack), sistema embebido en tiempo real, MicroElectroMechanical Systems (MEMS), acceso a internet móvil, cloud computing, identificación por radiofrecuencia (RFID), Comunicación máquina a máquina (M2M), interacción hombre-máquina (HMI), middleware, arquitectura orientada a servicios (SOA), sistema de información empresarial (EIS), entre muchas otras. Con diversas descripciones desde diversos puntos de vista, las tecnologías IoT tienden a convertirse en el nuevo paradigma de la evolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)<sup>14</sup>.

## Desarrollo del universo de investigación

En general se acepta que las tecnologías y aplicaciones de IoT se encuentran en una etapa inicial de desarrollo<sup>15</sup>. El espacio de investigación para una solución completa de IoT muestra un patrón multicapa y multidisciplinar, desarrollado en la siguiente ilustración.

### Ilustración 2



*Espacio de investigación de IoT.*

La ilustración muestra que por un lado, las exploraciones deberían cubrir todas las capas desde la capa inferior del dispositivo, a través de la capa de red, el procesamiento de datos, y la capa de aplicación, hasta la capa de negocio superior. La capa inferior de la solución es una serie de innovadores dispositivos inalámbricos; los datos de los dispositivos se recopilan a través de protocolos de red específicos; los datos se procesan en diferentes capas y se integran en información valiosa para los usuarios y el modelo de negocio. El flujo de trabajo está diseñado en la capa superior para maximizar los valores agregados hacia negocios sustentables. Las innovaciones se distribuyen en todas las capas, y se requiere un diseño y optimización de capas cruzadas.

Por otro lado, para desarrollar una solución completa, los desarrolladores deben, como mínimo, integrar el conocimiento multidisciplinario de las TIC.

Por ejemplo, en la aplicación de la cadena de suministro de alimentos, para decidir los parámetros ambientales que deben medir los dispositivos sensores inalámbricos, debemos analizar las causas de los daños a los alimentos durante la cadena de suministros. Para entregar información valiosa a los usuarios para predecir la vida útil, necesitamos explotar el significado de la gran cantidad de datos en bruto. Estos trabajos necesitan una fusión de experiencia en ingeniería de alimentos, biología y agricultura.<sup>16</sup>

### La interoperabilidad es una fuente fundamental de valor en los sistemas de IoT

Internet de las cosas (IOT) se está volviendo cada vez más popular en todo el mundo. IoT es la red de objetos físicos o "cosas" integradas con componentes electrónicos, software, sensores y conectividad para permitirle obtener un mayor valor y servicio mediante el intercambio de datos con el fabricante, el operador y otros dispositivos conectados. Por lo general, se espera que las tecnologías IoT ofrezcan conectividad avanzada de dispositivos, sistemas y servicios.<sup>17</sup> Para proporcionar el servicio IoT, se han organizado IIC (Industrial Internet Consortium), AllSeen Alliance, OIC (Open Interconnect Consortium), entre otros. Estos grupos consultivos han publicado proyectos de código abierto para desarrollar el servicio IoT e intentar definir estándares globales.

Se han realizado diversas investigaciones para proporcionar un sistema remoto de servicios de atención médica. El sistema de atención médica remota introdujo la tecnología de la información moderna y los últimos avances en comunicación, así como la tecnología de medición fisiológica remota. Mediante un software de equipo terminal integrado y módulos de atención médica diversificados, el sistema de atención médica remota está diseñado para proporcionar "**servicios de gestión de salud independientes**" y "**servicios de atención médica a largo plazo remotos**" a través de un mecanismo operativo completo de "**plataforma de información médica remota**". Las cuales se desarrollaran en detalle en capítulos posteriores, así como también las plataformas necesarias para cambiar el paradigma de atención médica.

El sistema es capaz de integrar tecnología, información y servicios prestados por instituciones médicas o centros de atención, para establecer un sistema de atención médica integral y de alta calidad. Se han publicado servicios de atención médica remotos de varias



compañías, como Withings, GoogleFit de Google, Microsoft Health o Signov entre otros. Desafortunadamente, estos servicios de atención médica remotos solo se brindan para informar los datos bio-personales con el dispositivo de atención médica y la plataforma de atención médica. Además, los servicios de salud existentes no brindan el servicio de integración porque cada servicio utiliza el protocolo, el dominio y la aplicación propios de cada fabricante, por eso es muy importante el desarrollo de estándares a nivel mundial.

Hay muchos dispositivos médicos individuales fabricados por varios fabricantes que no se pueden comunicar entre ellos porque todos siguen diferentes estándares o usan diferentes protocolos de comunicación. Para proporcionar un servicio de salud IoT remoto unificado, se requiere interoperabilidad, conectividad de red, alta confiabilidad de datos, conectividad de datos e integridad de datos entre dispositivos de atención médica IoT (IoT-HD) y sistemas de atención médica.<sup>18</sup>

Para ello, las organizaciones internacionales de estándares IEEE, ISO, ITU-T, CHA, IHE, HL7, tienen normalizada ISO / IEEE 11073 PHD, IHE-PCD, HL7 CDA para establecer la interoperabilidad entre los dispositivos y los sistemas de salud. ISO e IEEE han estado estandarizando el Dispositivo de atención médica personal (PHD) ISO / IEEE 11073 desde 1984s. El PHD ISO / IEEE 11073 permite la comunicación entre dispositivos médicos, sanitarios y de bienestar y con sistemas informáticos externos. Brindan una captura de datos electrónica automática y detallada de la información relacionada con el cliente y las constantes vitales, y de los datos operativos del dispositivo. ISO / IEEE 11073 PHD tratado con la capa superior de transporte. ISO / IEEE 11073 PHD define los tres modelos: Modelo de información de dominio (DIM), Modelo de servicio y Modelo de comunicación. Además, IEEE 11073-20601 es el estándar marco que define los tipos de datos genéricos, los tipos de mensajes y el modelo de comunicación, y proporciona una manera de cómo interactuar entre sí el dispositivo de atención médica.<sup>19</sup>

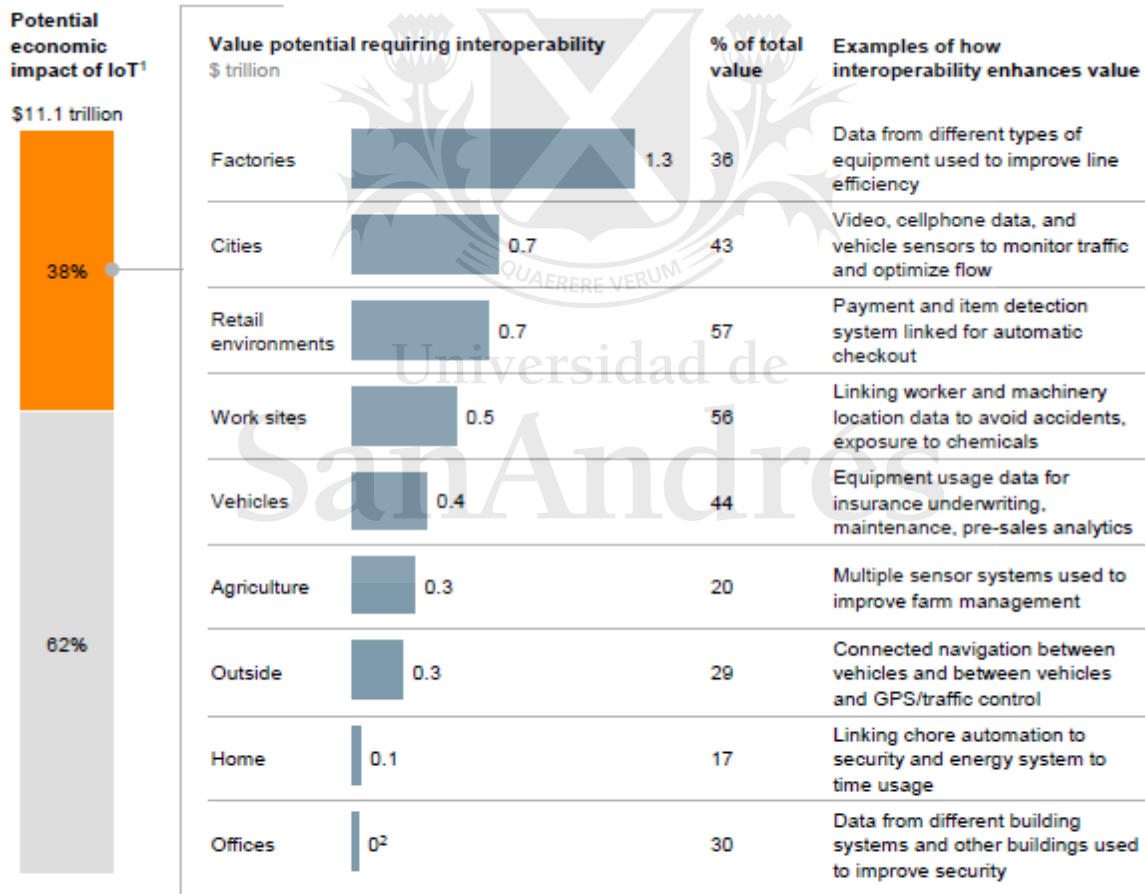
Según el informe de Mc Kinsey el punto más importante es desarrollar la interoperabilidad para generar el máximo valor de las aplicaciones de IoT. Estimando que las situaciones en las que 2 (dos) o más sistemas de IoT deben funcionar juntos, pueden representar alrededor del 40 (cuarenta) por ciento del valor total que puede desbloquearse mediante Internet of Things. (Cada sistema se define como sensores y / o actuadores conectados por redes a capacidades informáticas que permiten una única aplicación de IoT).

Se estima que el potencial máximo de IoT sería de solo \$7 (siete) billones por año en 2025 sin la interoperabilidad, en lugar de \$ 11.1 (once punto uno) billones, como se describe en la ilustración de los siguientes párrafos.

Algunos de los mayores beneficios de la interoperabilidad se pueden realizar en la configuración de los lugares de trabajo, donde el porcentaje del valor total que requiere interoperabilidad se acerca al 60 (sesenta) por ciento. Este gran potencial refleja la complejidad y la interconexión del equipo.

### Ilustración 3

**Nearly 40 percent of economic impact requires interoperability between IoT systems**



<sup>1</sup> Includes sized applications only; Includes consumer surplus.

<sup>2</sup> Less than \$100 billion.

NOTE: Numbers may not sum due to rounding.

SOURCE: Expert Interviews; McKinsey Global Institute analysis

*El impacto económico entre sistemas IoT.*

El esfuerzo requerido para capturar los beneficios adicionales disponibles de la interoperabilidad no es trivial, requiere de la integración en múltiples sistemas y proveedores e industrias.

En general, los sistemas digitales pueden hacerse interoperables creando estándares de interfaz ampliamente aceptados para proporcionar un lenguaje común para diferentes sistemas en una red de datos o mediante el uso de sistemas de traducción o agregación (por ejemplo, middleware que se encuentra entre una operación sistema y aplicaciones).<sup>20</sup> Si bien los protocolos tradicionales de Internet se han adoptado ampliamente, el desarrollo y la adopción de estándares de las tecnologías IOT todavía están en sus primeras etapas.

### Cómo las aplicaciones de tecnologías IoT crea valor

Se estima que para 2025, IoT tendrá un gran impacto en el ámbito económico que se dimensiona en los distintos entornos. Esto se mide, tanto el impacto financiero directo, como el ahorro potencial de una mejor utilización de la máquina y factores no financieros, como el ahorro de tiempo del consumidor o salud mejorada. Traducimos estos impactos no financieros en valor económico al medir el valor del tiempo ahorrado, la salud mejorada, la esperanza de vida extendida, puntos que se profundizarán a lo largo del trabajo.

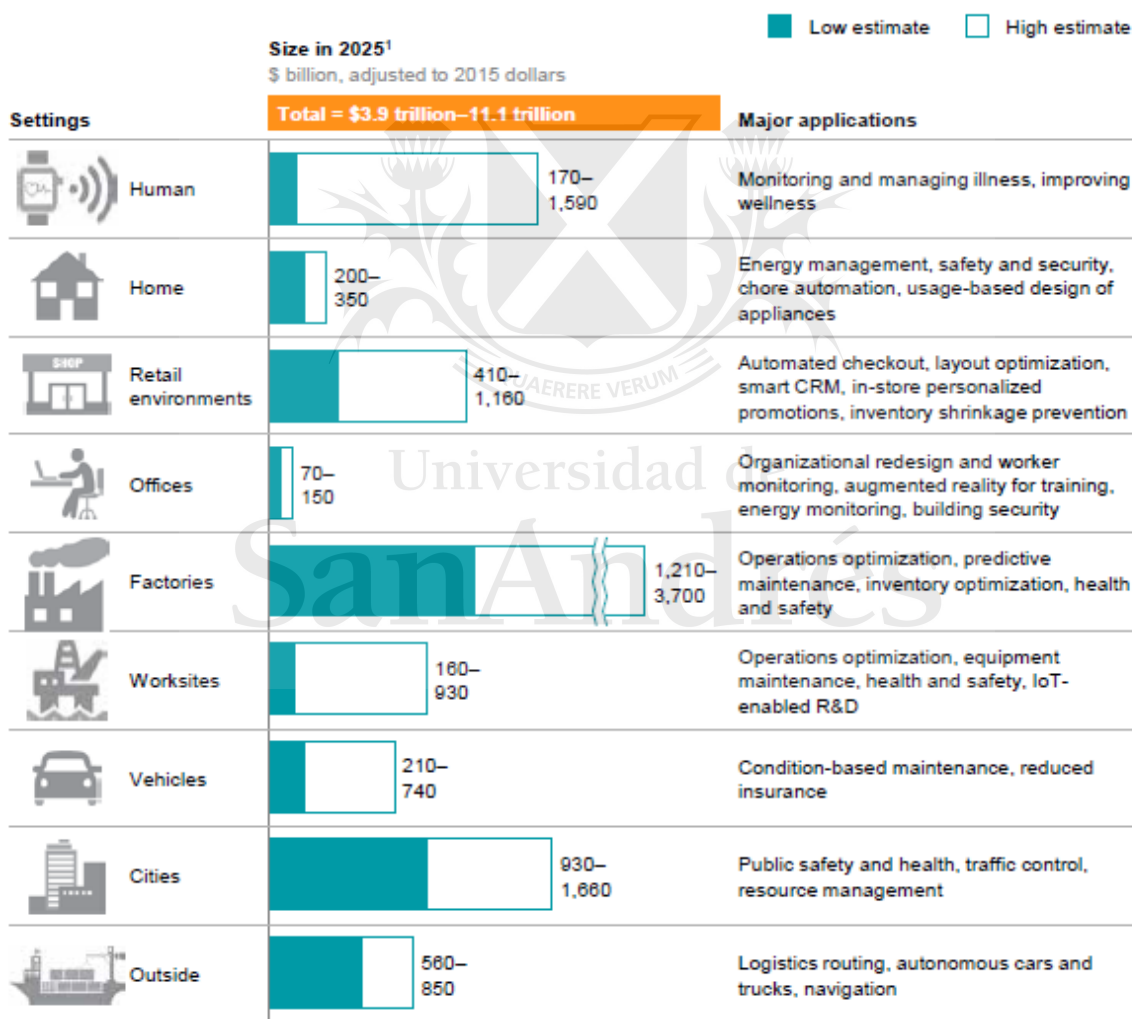
El valor potencial total que se estima para las aplicaciones que dimensionamos en las nueve configuraciones de entornos indicadas al final del párrafo en la ilustración es de \$ 3.9 billones a \$ 11.1 billones por año. La configuración más grande para el valor potencial creado por las aplicaciones de IoT en 2025 son las fábricas, que incluyen sitios de fabricación, **hospitales** y granjas.

Se estima que las ciudades inteligentes generaran un valor de hasta \$ 1.7 billones por año, seguidas por las aplicaciones humanas, con un valor potencial de hasta \$ 1.6 billones por año. La configuración más pequeña, en términos de valor potencial, son las oficinas, que podrían generar beneficios por valor de hasta \$ 150 mil millones por año.

En la siguiente ilustración, se explicaran las configuraciones comenzando con personas y lugares donde la gente vive, compra y trabaja. Finalmente, se observan los 3 (tres) entornos exteriores y móviles (incluidas ciudades) donde las aplicaciones de IoT tienen potencial para una creación de valor significativa.<sup>21</sup>

### Ilustración 4

Potential economic impact of IoT in 2025, including consumer surplus, is \$3.9 trillion to \$11.1 trillion



<sup>1</sup> Includes sized applications only.  
 NOTE: Numbers may not sum due to rounding.

SOURCE: McKinsey Global Institute analysis

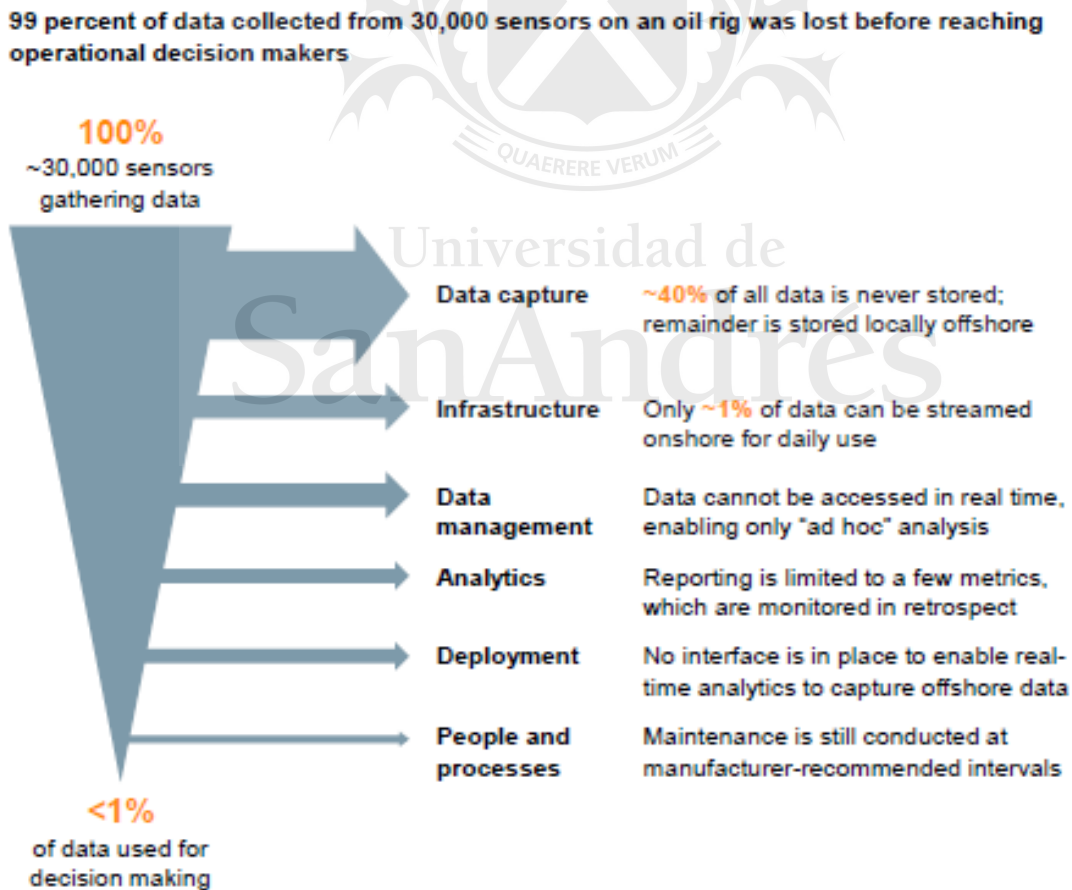
Grafico 5: Impacto económico potencial para 2025.

## Recolección y explotación de datos generados por IOT

El valor potencial que se describe en las aplicaciones de IoT surge de cómo los datos se analizan y se aplican a la toma de decisiones, mejorando operaciones y habilitando nuevas líneas de negocios. Sin embargo, en la mayoría de las soluciones, los datos que se generan se usan de maneras muy limitadas.<sup>22</sup>

Específicamente es importante mencionar, que en el sector Salud existen numerosas fuentes de datos heterogéneas que arrojan una gran cantidad de información relacionada con los pacientes, las enfermedades y los centros sanitarios. Esta información, bien analizada, resulta de gran utilidad para los profesionales.

Ilustración 5



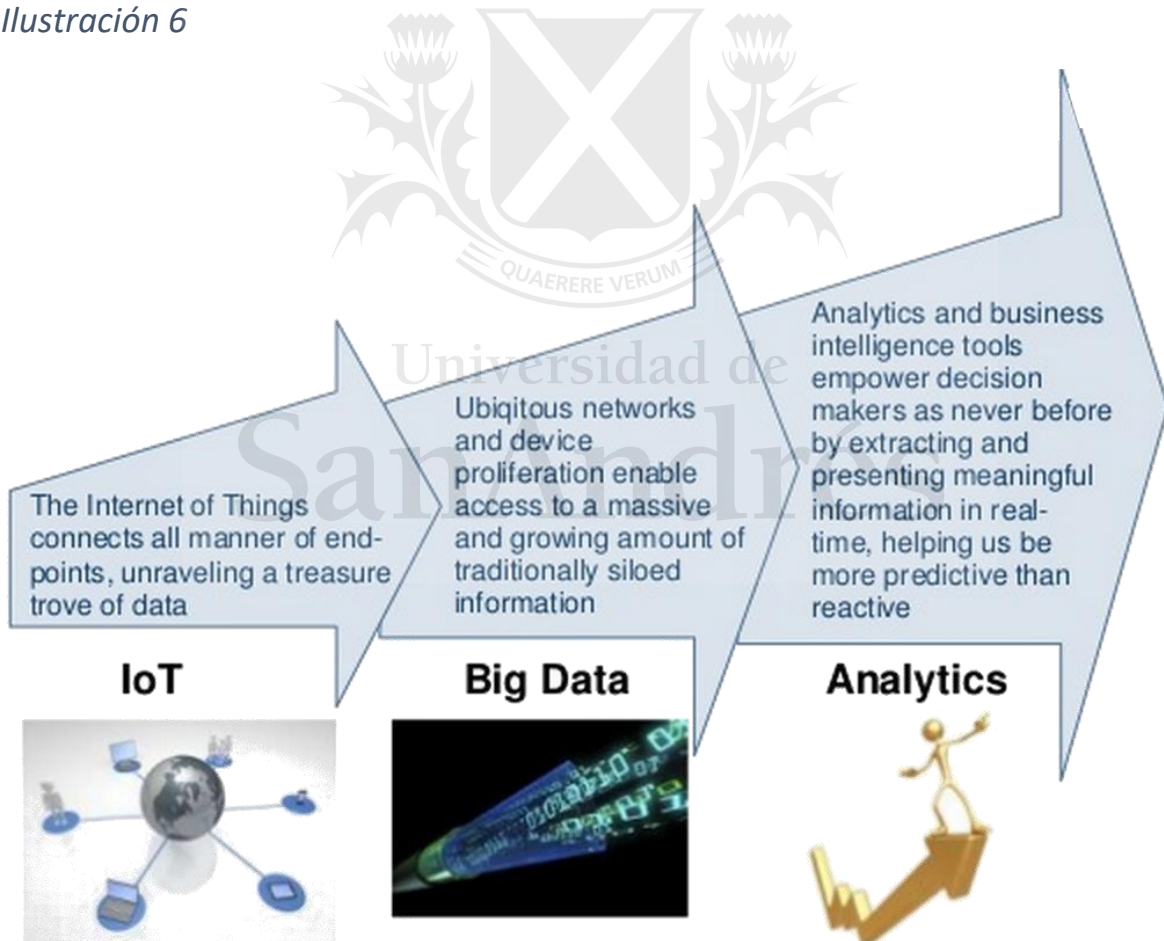
SOURCE: McKinsey Global Institute analysis

Recolección de datos antes de la toma de decisión.

Cuando se usan datos generados por los dispositivos IoT, solo se hace para la detección de anomalías o el control en tiempo real, en lugar de utilizarlas para la optimización o predicción. Pero mediante el uso de big data se puede obtener valor adicional.

Una vez que los datos se agregan, entonces viene el mayor desafío: analizar los datos para derivar en información procesable. Los datos que se generan requieren una programación sofisticada (a menudo personalizada) y experiencia tanto en el análisis de datos como en la maquinaria y los procesos que los sensores están monitoreando. En la siguiente ilustración se puede ver integrada IOT-BIGDATA-ANALISIS

*Ilustración 6*



Para hacer que los datos de IoT sean procesables en aplicaciones donde se requiere juicio humano, se requieren habilidades técnicas y una organización que esté preparada para adoptar decisiones basadas en datos. El desafío técnico es construir visualizaciones e interfaces de usuario que sintetizen grandes cantidades de datos en formatos que los encargados de la toma de decisiones puedan comprender fácilmente. Por ejemplo, en el cuidado de la salud, un tablero que simplemente muestra a un médico el ritmo cardiaco de un paciente podría ser conveniente, pero un sistema que puede reunir una variedad de datos personalizados y determinar que la condición del paciente se deteriora antes de que aparezca un electrocardiograma podría ser un elemento que salve su vida, ejemplo que se demuestra con aplicaciones realizadas en investigaciones a lo largo del mundo desarrolladas en los siguiente capítulos.

## 2. Capítulo II - IoT salud humana

En este capítulo, se desarrollarán las aplicaciones de IoT en el contexto del cuerpo humano. Estas aplicaciones se dividen en dos grandes categorías: mejorar la salud y aumentar la productividad.

A diferencia de otras aplicaciones de IoT, donde una lectura de un sensor puede iniciar una acción específica como por ejemplo apagar una válvula, en el entorno humano, los datos del sensor proporcionan información que las personas utilizarán para guiar sus acciones y decisiones.

También puede ser denominadas más específicamente las tecnologías IoT orientadas a la salud como Internet of Health Things (IoHT) que es la integración de los mundos físico y digital a través de objetos con conectividad de red en la industria de la salud. IoHT transforma los datos sin procesar en información simple y procesable y se comunica con otros objetos, máquinas o personas. IoHT puede aprovecharse para mejorar el acceso a la salud, la calidad de la atención, la experiencia del consumidor y la eficiencia operativa.<sup>23</sup>

Con base en el uso actual y las tasas de crecimiento probables, proyectamos que el impacto económico de IoT en la salud y el bienestar humano podrían ser de \$ 170 mil millones a casi \$ 1.6 billones a nivel mundial en 2025. La mayor fuente de valor sería usar dispositivos de IoT para monitorear y tratar enfermedades (\$ 170 billones a \$ 1.1 billones por año). El valor surgiría de la mejora de la calidad de vida y de la extensión de la vida sana para pacientes con enfermedades crónica junto con la reducción del costo del tratamiento. La segunda mayor fuente de valor para los seres humanos sería la mejora de los datos de bienestar generados por las bandas de fitness u otros wearables para rastrear y modificar las rutinas de dieta y ejercicio.

Las aplicaciones emergentes tienen el potencial de transformar una amplia gama de terapias de atención médica. Los dispositivos que se ingieren vía oral y los inyectables (píldoras inteligentes y nanobots) tienen el potencial de reemplazar muchas cirugías con procedimientos menos invasivos que podrían ofrecer una recuperación más rápida, reducir el riesgo de complicaciones y reducir los costos. Si bien estas tecnologías aún están en desarrollo, si se adoptan ampliamente en los próximos diez años, tienen el potencial de aumentar el impacto económico de la IoT en la atención médica sustancialmente más allá de los \$ 1.6 billones que estimamos aquí. También está surgiendo otro conjunto de aplicaciones humanas destinadas a aumentar la productividad en el lugar de trabajo.<sup>23</sup>

Para que las aplicaciones humanas de IoT generen los máximos beneficios en salud requerirán mejoras en el costo, nuevos comportamientos de los proveedores de servicios de salud y prepaga. Entre los cambios necesarios, algunos de los más importantes incluirán cómo se brinda la atención médica (utilizando dispositivos y análisis en lugar de cuidadores humanos) y como se les reembolsa. Las prepagas necesitarán estar convencidos de que las inversiones en sistemas de IoT están justificadas, especialmente en los casos en que IoT mejora los resultados pero también aumenta el costo del tratamiento.



También será necesario demostrar que las soluciones de IoT pueden tener un impacto real en el cuidado de la salud actual como lo es el comportamiento humano. El uso de estos sistemas para convencer a las personas sanas de cambiar sus hábitos de vida y ayudar a los pacientes enfermos a cumplir con las prescripciones de los médicos sería un verdadero avance.

Definimos las aplicaciones de salud como aquellos usos de la tecnología IoT cuyo objetivo principal es mejorar la salud y el bienestar. Esto no incluye todas las aplicaciones relacionadas con la salud, como los dispositivos conectados a Internet utilizados en hospitales u otras instalaciones médicas. Podríamos agrupar los dispositivos utilizados en la salud humana en tres categorías:

- **Wearables:** dispositivos diseñados para ser usados o transportados.
- **Implantables, inyectables e ingeribles:** dispositivos inteligentes que se insertan, inyectan o se tragan.
- **Dispositivos de medición no portátiles:** Dispositivos que recopilan y transmiten datos de salud del cuerpo humano de forma periódica pero que no están conectados de forma continua, como los pulsioxímetros habilitados para Bluetooth o las básculas habilitadas para WiFi.

El uso de la tecnología IoT para monitorear y administrar la salud y la forma física humana se está expandiendo rápidamente. Los analistas estiman en 2015 que 130 millones de consumidores en todo el mundo utilizan rastreadores de fitness.<sup>7</sup> Con el aumento de relojes inteligentes y otros dispositivos portátiles, se espera que la cantidad de monitores de fitness conectados supere los 1.300 millones de unidades en 2025. La tecnología básica para dispositivos de monitoreo de fitness: sensores y baja Los chips de poder están bien

establecidos y se espera que los precios disminuyan a medida que aumentan los volúmenes. Como se detalla a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 2

Quality-of-life impact is estimated using DALY and assumptions of impact by disease

■ Substantial benefit   
 ■ Moderate benefit   
 ■ Limited benefit

|                             | DALY<br>Million | Treatment<br>compliance | Early detection<br>of complications | Real-time<br>treatment<br>management | Sample metrics tracked  |
|-----------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Neuropsychiatric conditions | 13.3            |                         |                                     |                                      | Medication use, activity, communication   |
| Heart disease               | 10.4            |                         |                                     |                                      | Medication use, activity, blood pressure, heart rate, weight  |
| Cancer                      | 8.3             |                         |                                     |                                      | Weight, exercise, heart rate, body temperature, blood in urine                                      |
| HIV/AIDS                    | 4.0             |                         |                                     |                                      | Medication use, blood pressure, heart rate, body temperature  |
| Sense organ diseases        | 3.9             |                         |                                     |                                      | Medication use (e.g., glaucoma)   |
| Respiratory diseases        | 3.9             |                         |                                     |                                      | Medication use, respiratory rate, air quality, oximetry, pollen count                               |
| Diabetes                    | 1.6             |                         |                                     |                                      | Medication use, exercise, weight, foot ulcers, HgbA1C, protein in urine, heart rate, blood pressure |
| Other chronic               | 6.3             |                         |                                     |                                      | Disease-dependent (e.g., mobility/flexibility for arthritis)  |
| Non-chronic                 | 15.0            |                         |                                     |                                      | Disease-dependent (e.g., wound humidity)  |
| <b>Total</b>                | <b>66.7</b>     |                         |                                     |                                      |   |

SOURCE: Global health estimates, WHO; McKinsey Global Institute analysis

## Cambios en la atención médica basados en desarrollos de IoT

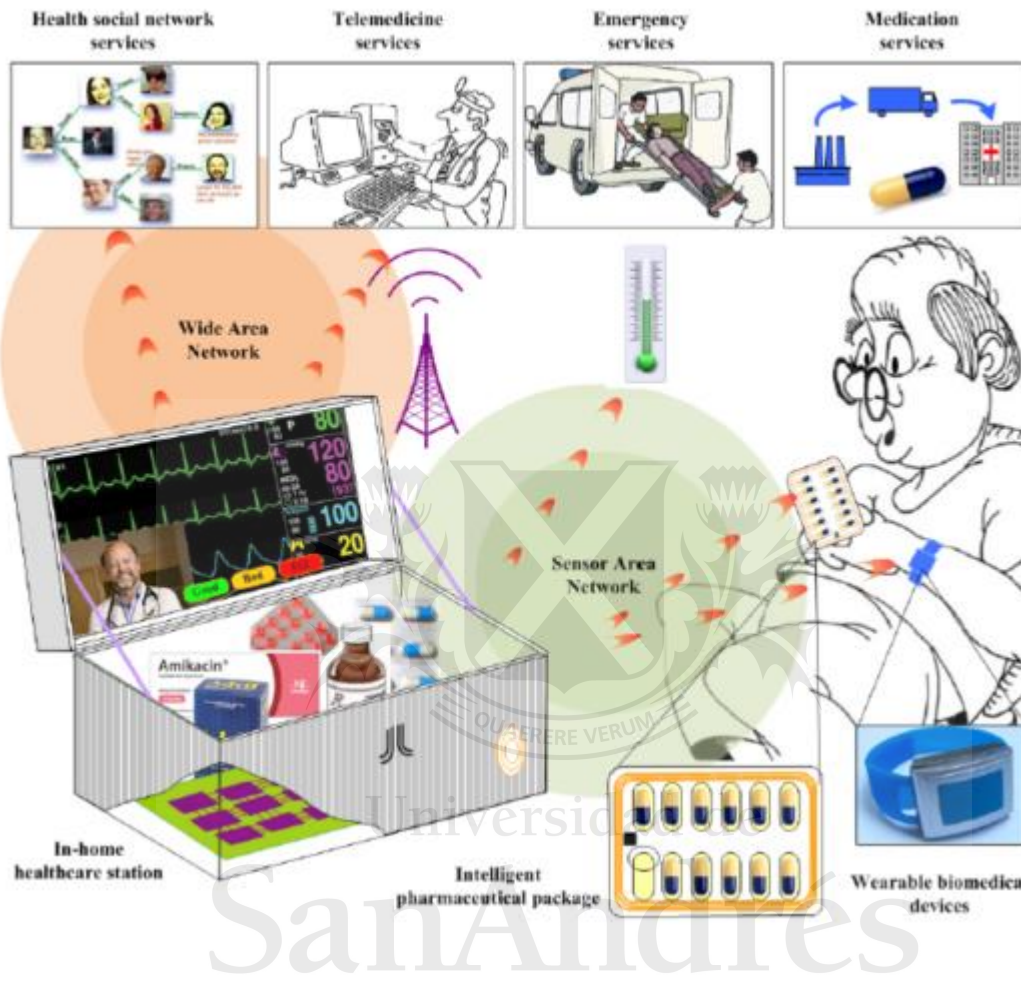
En las próximas décadas, es probable que el modelo de prestación de servicios de atención médica migre a algo distinto que el tradicional y actual centrado en el hospital, tal vez se transforme en un modelo a través de un hogar hospitalario.<sup>24</sup> El futuro sistema de salud debe organizarse en una estructura estratificada, comprendidas en distintas capas: personal, hogar, comunidad y hospital. Donde la capa inferior tiene menor intensidad de mano de obra y costo operativo, mayor frecuencia de uso de enfermedades crónicas y menor frecuencia de uso de enfermedades agudas. Por lo tanto, el servicio de atención médica en el hogar (IHH) habilitados por la tecnología IoT (el llamado Health-IoT) es prometedor tanto para la industria de la salud tradicional como para la industria de las TIC.

El servicio Health-IoT es omnipresente y personalizado y acelerará la transformación de la atención de la salud centrada en la carrera a centrada en el paciente<sup>25 26</sup>. En la siguiente ilustración se muestra un escenario de aplicación típico de Health-IoT.



Universidad de  
**SanAndrés**

### Ilustración 7



*Tecnología y Arquitectura de IoT Health and Well-being. Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology; 2013.*

La mayoría de los autores que investigan el tema coinciden en que una solución Health-IoT incluye las siguientes funciones:

1. Seguimiento y monitoreo. Alimentado por la omnipresente capacidad de identificación, detección y comunicación, todos los objetos (personas, equipos, medicamentos, entre

otros). Que pueden ser rastreados y monitoreados por dispositivos portátiles WSN las 24 horas del día, los 7 días de la semana<sup>27</sup>

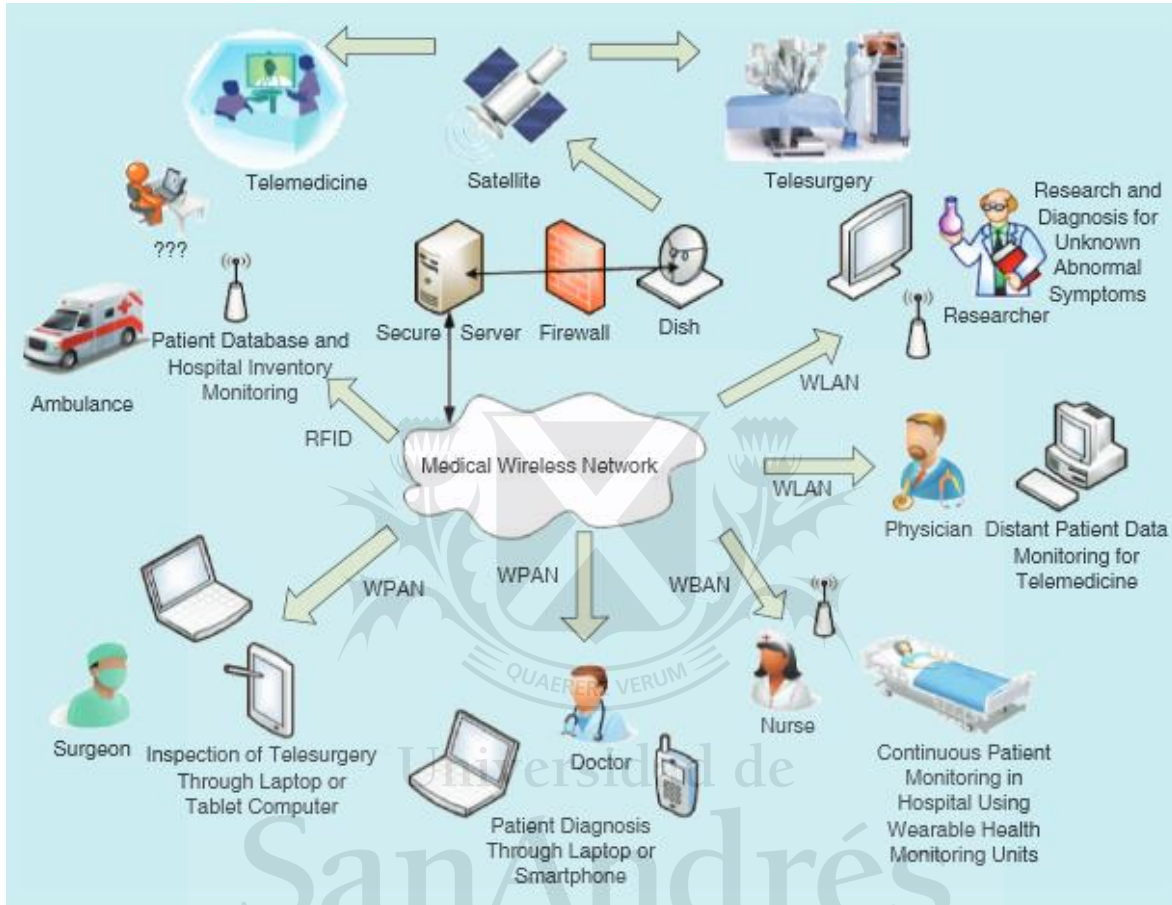
2. Servicio remoto. Servicios de atención médica y asistencia de vida, para la detección de emergencias y primeros auxilios, alojamiento y capacitación en accidentes cerebrovasculares, administración de dietas y medicamentos, telemedicina y diagnóstico remoto, redes sociales de salud, entre otros. Pueden entregarse de forma remota a través de Internet y dispositivos de campo.<sup>28</sup>

3. Gestión de la información. Con la conectividad global del IoT, toda la información de salud (logística, diagnóstico, terapia, recuperación, medicación, administración, finanzas e incluso actividad diaria) puede recopilarse, administrarse y utilizarse a lo largo de toda la cadena de valor.<sup>29</sup>

4. Integración entre organizaciones. Los sistemas de información hospitalaria (HIS, por sus siglas en inglés) se extienden al hogar del paciente y pueden integrarse en un sistema de atención médica a mayor escala que puede cubrir una comunidad, ciudad o incluso estado.<sup>30</sup>

De esta manera “Internet de las cosas” aplicado en el área de la salud permitirá que muchas personas, independientemente de su clase social. En particular, servirá para llevar un control constante de la salud, teniendo en cuenta que hay muchas enfermedades en las cuales los síntomas son silenciosos y que un diagnóstico permitiría la prevención temprana además de poder ser la solución a las enfermedades que pueden resultar mortales. Todo lo anterior suena muy conveniente, teniendo en cuenta que el sistema de salud a nivel mundial tiende a cambiar, centrándose en la atención en el hogar. En la figura siguiente se presentan diferentes aplicaciones del IoT en la salud.

Ilustración 8



*Islam SK, Dept. of Electr. Eng & Comput. Sci. UoT, Knoxville, TN, USA, Fathy A, Wang Y, Kuhn M, Mahfouz M. Hassle-Free Vitals: BioWireSS for a Patient-Centric Health-Care Paradigm. Microwave Magazine.*

Y como se ve en la ilustración las diferentes soluciones/aplicaciones de IoT en la salud pueden ser sectorizadas en los servicios de Telemedicina, Emergencia, Medicación, Redes sociales para la salud, salud en el hogar, paquetes farmacéuticos inteligentes, dispositivos biomédicos, entre otros. <sup>31</sup>

## Tecnologías de comunicación para iot

Entre las características fundamentales que ofrece Internet de las cosas está el incremento de los nodos conectados entre sí, que al mismo tiempo se convierte en un gran reto para el desarrollo de nuevos protocolos de comunicación y actualización de topologías<sup>32</sup>. Las redes de sensores (WSN, Wireless Sensor Network)<sup>33</sup> cumplen muchos de los requisitos que propone la solución tecnológica de Internet de las cosas. Las WSN están conformadas por un conjunto de nodos esparcidos en un área determinada, comunicados de forma ad-hoc y pueden trabajar de modo cooperativo, esto permite que se incremente su aplicabilidad en casi todos los campos de la industria.

Las tecnologías inalámbricas para sistemas de censado biomédicos incluyen: red de área personal inalámbrica (WPAN)<sup>34</sup>, Wireless Body Area Network (WBAN)<sup>35</sup>, también llamadas redes sensores corporales (BSN)<sup>36</sup> o simplemente redes de área corporal (BAN)<sup>37</sup>, redes cuerpo médico (mBan)<sup>38</sup>, red de área local inalámbrica (WLAN), Wi-Fi, WiMAX<sup>39</sup>, ZigBee<sup>40</sup>, Bluetooth, ANT<sup>41</sup>, ultrawideband (UWB)<sup>42</sup>, E-textiles<sup>43</sup>, conferencias web, cápsula endoscópica, implantables y sensores ingeribles, y electrónica epidérmicas, vendas inteligentes, aplicaciones de teléfonos inteligentes, identificación por radiofrecuencia (RFID), sistema de localización en tiempo real (RTLS)<sup>44</sup>, sistema de posicionamiento en interiores (IPS)<sup>45</sup>, entre otros.

Las tecnologías de RFID y ZigBee, además de la computación en la nube, también pueden ser utilizadas para reducir los tiempos de trabajo y de costes a través de la conexión de dispositivos inteligentes a Internet. Su gran variedad de aplicaciones las vuelve atractivas para ser manipuladas en entornos de atención médica, de tal forma que permitan crear sistemas de seguimiento y control de pacientes en hospitales y clínicas, que faciliten la toma de decisiones del personal médico y administrativo. ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4<sup>46</sup>, que se utiliza para la comunicación de datos, de dos a más dispositivos de

consumo conectados entre sí, donde estos generalmente son equipos industriales; además sirve para aplicaciones inalámbrica de área personal.

RFID<sup>47</sup> es una tecnología que sirve para la identificación automática, en la cual este se utiliza para la captura de datos por medio de dispositivos electrónicos; esta tecnología permite identificar y localizar objetos, ya que este es un lector que específicamente se encarga de leer etiquetas, las cuales llevan internamente datos, que a su vez son consultados en la base de datos y así sirven para identificar un objeto que la contiene.

Estas etiquetas tienen incorporado un microchip, el cual va almacenando la información, esta información es única, razón por la cual tiene una identificación ID, y luego es almacenada en la memoria RFID; estas etiquetas son de diferente tamaño de acuerdo al sistema. Luego el RFID se incorpora al objeto que se quiere identificar y localizar; es por esto que en el área de la salud sería de gran interés, porque lo que se quiere es que a un paciente o trabajador se le haga un seguimiento y control para tener una mejor atención.

El IoT hace buen provecho de las tecnologías inalámbricas. En este sentido, se presenta una arquitectura que sirve como banco de pruebas para aplicaciones sobre redes de área corporal (BAN) como se ve en la siguiente ilustración o redes de sensores de área corporal (WSAN), es una red diseñada con dispositivos (sensores) de baja potencia incorporados en el cuerpo, a través de los cuales se controlan los movimientos de este y sus parámetros vitales, y a su vez estos estarán conectados a una red inalámbrica para poder transmitir los datos a una estación base, y esos datos se envían en tiempo real al hospital y clínicas.<sup>48</sup>

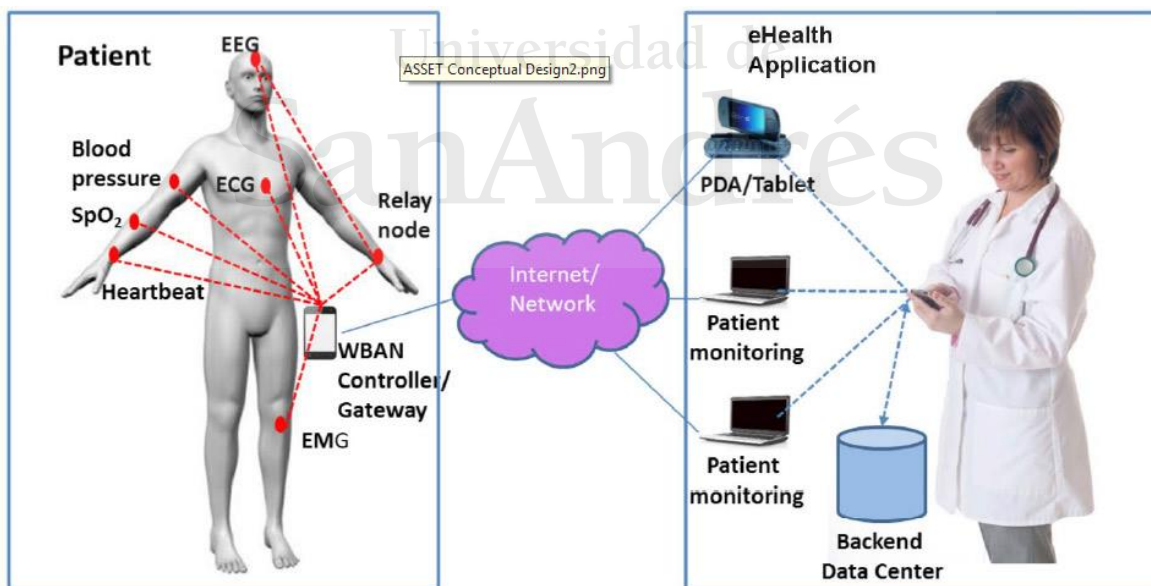
Después de lo todo lo expuesto anteriormente no es difícil darse cuenta de que la ubicuidad de los dispositivos IoT casi que exige que la mayoría de los objetos cotidianos puedan ser accesible a través de las famosas direcciones IP (Internet Protocol). La IPV6 (IP versión 6) sobre redes de sensores de área personal 6LoWPAN<sup>49</sup> (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) es un protocolo que proporciona compatibilidad de IPv6 con las



redes de sensores. Como se presentó en la “International Conference on Sensing Technology, ICST en 2013” se puede implementar una arquitectura que integra *hardware* y *software*, basada en redes heterogéneas 6LoWPAN. Está motivada por la necesidad de la fusión de una red de área corporal y una red de control de medio ambiente, para aplicaciones de monitoreo de salud. La conectividad a Internet se añadió a través del uso de un enrutador de borde, y permite acceder a cada nodo directamente desde cualquier lugar en Internet.

El estándar IPv6 y la tendencia de la Internet de las Cosas abre la posibilidad de que los dispositivos ubicuos de detección, actuación y computación puedan ser direccionados por IP y accesibles en Internet. Esto lleva adelante el flujo de información a gran escala desde redes de sensores inalámbricos de baja velocidad de datos hasta las aplicaciones de Internet. Sin embargo, puentear la red IP con redes de sensores inalámbricos tradicionalmente aislados no es una tarea fácil. 6LoWPAN proporciona una capa de adaptación eficiente que une los protocolos de red de sensores inalámbricos con el protocolo IP, pero aun así el flujo de información aún está restringido debido a la heterogeneidad en la capa física y la comunicación por radio.

### Ilustración 9



A testbed for adaptive security for IoT in eHealth. Proceedings of the International Workshop on Adaptive Security

El uso de IoT en el futuro está en manos de que tecnología pueda ser procesada y entregada a tiempo para el usuario, ya que un retraso puede resultar en el fracaso del sistema. Por lo tanto, se desarrollan aspectos relacionados con la arquitectura del IoT, los marcos de salud, los marcos de atención sanitaria y las aplicaciones de cuidado de la salud basadas en la nube; como puntos clave para la implementación de esta tecnología.

### Arquitectura de IoT

Durante un período de tiempo, varias organizaciones han propuesto diferentes definiciones y arquitecturas de IoT. Se han enumerado algunas de estas definiciones propuestas que incluyen términos como "infraestructura global", "infraestructura de red global" o "red mundial" para referirse a Internet-of-Things.<sup>50</sup> Una característica común de estas definiciones, es que crean un puente entre los objetos físicos y virtuales, que incluyen tecnologías de comunicación y procesamiento de datos. Pero existe una preocupación por el alto costo de implementación de soluciones IoT debido a la integración de datos y el uso de protocolos privados por diferentes organizaciones. Otros autores,<sup>51</sup> han propuesto una arquitectura abierta y genérica de IoT, que es flexible y escalable, alineada con los protocolos estándar y que puede integrar múltiples aplicaciones de IoT.

La asociación estándar de comunicación de China también ha propuesto una arquitectura IoT genérica que consta de tres capas denominadas: detección, red y aplicación. También se ha discutido en el marco de detección de IoT que comprende cuatro capas llamadas detección y recopilación de información, entrega de información, manejo de información y aplicación. Todas estas capas aseguran la privacidad y la seguridad a través del uso de la información<sup>52</sup>. Como así también se ha propuesto la arquitectura de IoT de tres niveles para personas discapacitadas que incluyen capas de percepción, la red y la aplicación.<sup>53</sup>

## Cloud and fog computing

Existen arquitecturas de implementaciones de IoT que se enfocan en el procesamiento en la nube. Esto se debe a avances en el paradigma de la informática móvil, incluidas las tecnologías de comunicaciones inalámbricas emergentes, así como el desarrollo de sensores de bajo costo y el crecimiento del procesamiento inteligente de datos en comunicaciones M2M.

Paralelamente, la evolución en los países en desarrollo también ha permitido el desarrollo de la computación en la nube, proporcionando capacidades de procesamiento y almacenamiento virtualmente ilimitadas en un modelo de computación en línea de autoservicio, escalable, independiente de la ubicación y pago por uso. De hecho, los servidores en la nube están compuestos por un conjunto de Data Centers que ofrecen distintos modelos de servicio en la nube, como Software como Servicio (SaaS), Plataforma como Servicio (PaaS) o Infraestructura como Servicio (IaaS).

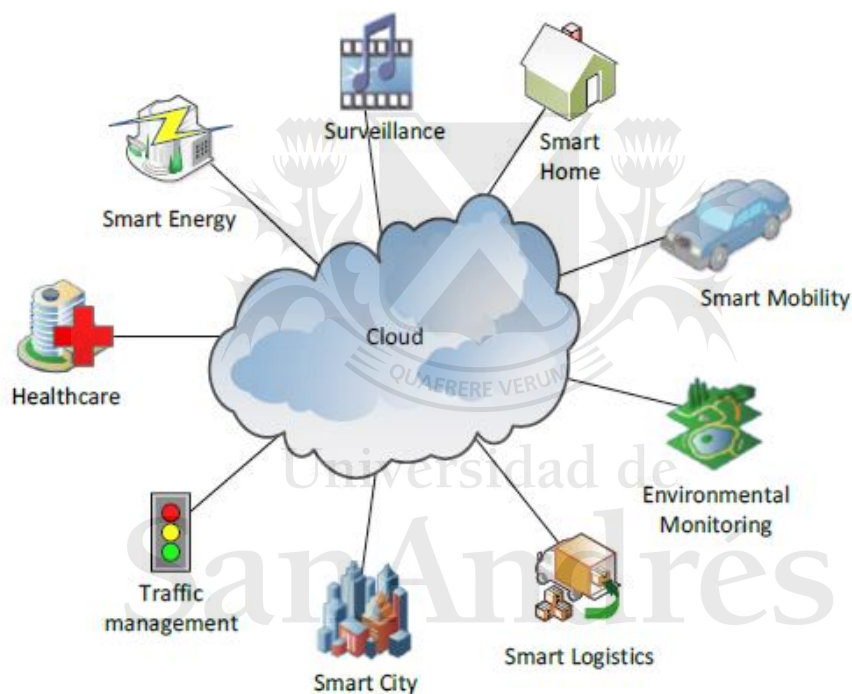
La unión de las soluciones IoT y la computación en la nube ha permitido el desarrollo de servicios que requieren las capacidades de los crecientes servidores en la nube, junto con el aprovisionamiento de datos distribuidos a pedido, habilitado por dispositivos IoT implementados en entornos inteligentes.<sup>54</sup> Esta relación simbiótica permite que los servicios de IoT aprovechen la capacidad de la nube para almacenar miríadas de datos generados por la gran cantidad de sensores, implementados de forma distribuida en distintos entornos. Además, la gran capacidad de análisis en la nube de datos complejos permite la toma de decisiones basada en estos datos y en el empleo de algoritmos de predicción. Por otro lado, los proveedores de servicios en la nube aprovechan el aprovisionamiento de datos distribuido en tiempo real.<sup>55</sup>

La llegada de este nuevo paradigma, permite la computación omnipresente, que indudablemente ha impulsado la aparición de varios servicios de IoT, adaptados a distintos escenarios, como se muestra en la siguiente ilustración. Estos servicios incluyen Personal

Health Assistant (PHA), Intelligent Transportation Systems, Smart Home, Environment Monitoring, entre otros.<sup>56</sup>

Los servicios de salud, pueden permitir la supervisión médica remota a los pacientes en sus hogares a través del empleo de sensores corporales, lo que permite la medición de varias características del cuerpo, como la frecuencia cardíaca y la presión arterial.<sup>57</sup>

### Ilustración 10



*Figure 4.1: IoT applications enabled by Cloud.*

Pero hay que tener en cuenta que la distancia intrínseca entre los recursos de la nube y el usuario final está obstaculizando la implementación de los servicios de IoT que tengan requisitos específicos. La latencia introducida por la comunicación entre los puntos finales en una implementación de dispositivos IoT centrada en la nube, contrasta con la QoS esperada en los servicios en tiempo real. La asistencia sanitaria (healthcare), por ejemplo, puede requerir que se tomen las medidas necesarias inmediatamente cuando se cumple un

escenario anormal. Por lo tanto surge la necesidad de implementar, para este tipo de requerimientos, lo que se denomina FOG COMPUTING<sup>58</sup>

Este modelo amplía la cloud computing para disminuir la latencia de comunicación entre el usuario final y los recursos en la nube, junto con el escenario inteligente promovido por los dispositivos IoT y las crecientes capacidades de hardware, observadas en los dispositivos periféricos, principalmente dispositivos móviles, fue lo que estimuló el advenimiento de la fog computing. El fundamento principal de la FOG es acercar los recursos de TI al usuario final, con el objetivo de proporcionar una latencia reducida y predecible para la descarga de servicios de soluciones IoT mediante el uso de recursos computacionales de NE (network element) ubicados en el borde de la red en un entorno altamente virtualizado (highly virtualized). Con este enfoque, un servicio puede beneficiarse de los NE distribuidos geográficamente en escenarios como Smart Cities o Smart Transportation Systems, entre otros, disminuyendo la demanda de recursos de la nube.

Además de evitar altas demoras de red en la transmisión del servicio, el uso de los recursos de TI disponibles ubicados en el borde, combinados como centros de microdatos, puede reducir aún más el Tiempo de respuesta del servicio (SRT) en general. Además, se pueden obtener beneficios adicionales de la proximidad entre los puntos finales, lo que contrasta con los problemas derivados del empleo estricto de los centros de datos en la nube en los escenarios de IoT, de la siguiente manera.

- Seguridad y privacidad mejoradas para el usuario final ya que, para aplicaciones específicas, los datos personales pueden procesarse en los recursos de niebla (fog), en lugar de requerir que se envíen a la nube, lo que aumenta el riesgo de que los atacantes obtengan datos sensibles del usuario.
- Menor consumo de ancho de banda en la red troncal de Internet debido a la disminución del tráfico en el núcleo de la red.

- Reducción del consumo de energía en los centros de datos de la nube, así como en la red troncal de Internet, que también resulta del uso reducido de recursos.
- Sincronización eficiente ya que cada niebla es responsable de los recursos subyacentes en su área respectiva en una vista jerárquica, que no requiere la vista completa de los recursos gestionados por distintos servidores de niebla.<sup>59</sup>
- Reducción de los costos de conexión a Internet para los usuarios finales, ya que varios servicios se implementarán a través de WLAN, disminuyendo la cantidad de datos requeridos para ser transferidos a servidores en la nube a través de costosas redes celulares móviles.

Vale la pena mencionar que incluso los ISP (proveedores de internet) probablemente adoptarán el paradigma combinado de nieblas y nubes en oposición a la nube solamente, debido a las preocupaciones relacionadas con el consumo de energía y la cantidad de ancho de banda de la red que debe dedicarse a la conectividad de computación en la nube. Teniendo en cuenta, que las infraestructuras en la nube comúnmente demandan conectividad de alta velocidad a los ISP para soportar estos servicios. Esta sobrecarga de red estresa a las empresas de telecomunicaciones y este tráfico de red no se convierte en ingresos adicionales. Con el agravante de que los equipos de red deben actualizarse continuamente para cumplir con las fuertes condiciones planteadas por los servicios de IoT (recolección de datos en el borde y procesamiento de datos en las instalaciones de la nube) sin ningún beneficio para las compañías de telecomunicaciones.

Sin embargo, como toda nueva tecnología, la computación de niebla también está rodeada de problemas importantes que, si no se abordan, pueden obstaculizar su implementación, así como limitar su aplicabilidad. Por lo tanto, el objetivo de la niebla no es reemplazar la nube. Sino que pueden considerarse como complementarios, ya que los recursos más

adecuados deberían asignarse para la ejecución de distintos servicios, ya sea en la niebla, ya sea en la nube.

### Frameworks de atención basados en implementaciones IoT

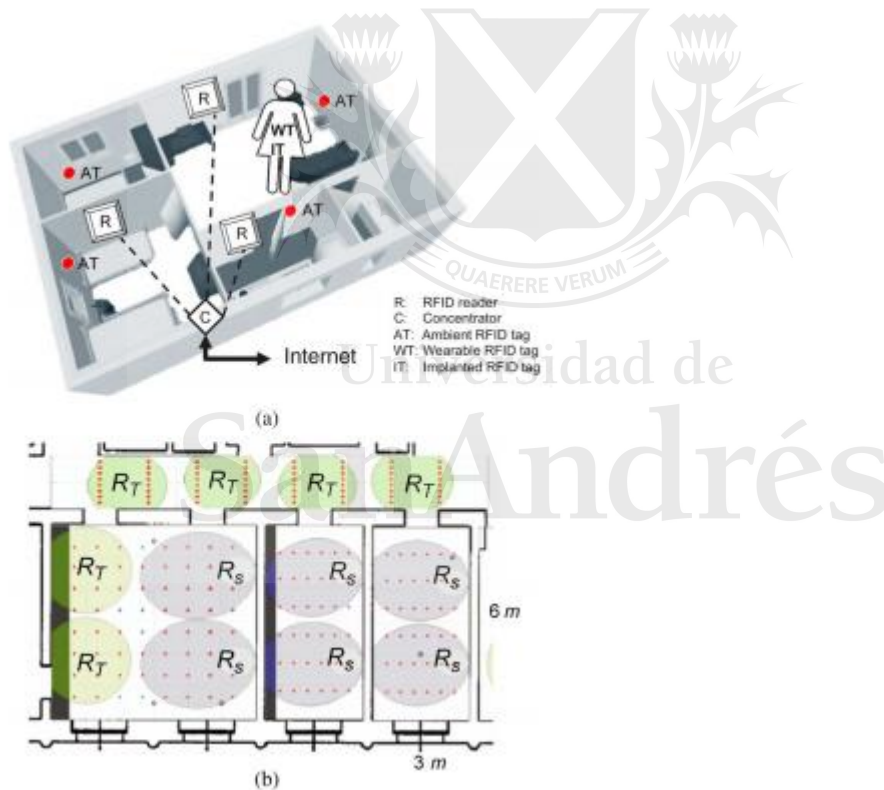
Con la creciente demanda de implementaciones de soluciones IoT en eHealth, se han propuesto varios marcos para el monitoreo en tiempo real de los usuarios. El uso de dispositivos móviles inteligentes ofrece numerosas oportunidades para crear servicios y soluciones sanitarias eficientes. Las aplicaciones de salud móvil (m-Health) usan dispositivos móviles para brindar servicios de atención médica en cualquier momento y en cualquier lugar, superando las barreras geográficas, temporales e incluso organizacionales. Las soluciones M-Health abordan problemas emergentes como el creciente número de enfermedades crónicas relacionadas con el estilo de vida, los altos costos de los servicios nacionales de salud y la necesidad de empoderar a los pacientes y las familias para que se cuiden a sí mismos<sup>60</sup>

En Santos,<sup>61</sup> se propuso una nueva solución basada en IoT para escenarios omnipresentes de m-Health y se ha desarrollado un prototipo para el monitoreo remoto. La arquitectura propuesta de la plataforma AMBRO tiene capas básicas conocidas como nubes inteligentes e interfaces de usuario.

Para ello una red de sensores corporales (BSN)<sup>62</sup> monitorea a una persona en tiempo real y recopila información sobre su entorno. El BSN recopila información sobre la ubicación y la frecuencia cardíaca del usuario, y también detecta si se ha caído repentinamente. Cada uno de estos elementos se asigna a un servicio individual en la aplicación de puerta de enlace móvil implementada en un teléfono inteligente. La puerta de enlace es responsable de enviar la información de cada servicio a una plataforma IPA interina (Intelligent personal assistants).

En Amendola<sup>63</sup>, se ha implementado la tecnología RFID en la arquitectura IoT para monitorear la salud del usuario y activar la asistencia remota cuando sea necesario. Han grabado la salud personal de los usuarios utilizando las diversas etiquetas RFID centradas en el cuerpo, como las etiquetas portátiles e implantables. Los autores también han discutido los escenarios donde estas etiquetas son suficientes para recopilar los datos. Han llegado a la conclusión de que existe una gran necesidad de aumentar la velocidad de transferencia de datos de los lectores, los diferentes programas y los dispositivos para tomar medidas oportunas.

### Ilustración 11



(a) Sketch of an RFID-powered habitat with ambient tags (AT) attached over the walls and objects, wearable tags (WT), and implanted tags (IT) placed over and inside the human body, one or more RFID readers (R) scanning the rooms and a wireless concentrator (C) capable to pack the collected data for in-house processing and/or for internet streaming. (b) Example of RFID coverage of a home-portion by a multiplicity of readers' antennas placed at the walls' side (R<sub>S</sub>) and over the top ceiling (R<sub>T</sub>).



En Santos<sup>64</sup>, también se ha propuesto un sistema de cuidado de salud M basado en RFID que usa dispositivos conectados basados en IoT. Su estudio se basa en el contexto de la ayuda que necesitan las personas mayores para el manejo de sus medicamentos. Basado en la tesis<sup>65</sup> donde se concluye, en un estudio llevado a cabo en Portugal sobre "Adherencia al régimen de medicación en personas mayores", que una gran mayoría de las personas mayores analizadas necesita ayuda externa para manejar su medicación.

Tras realizar un estudio con una población de personas mayores de 65 años en Portugal el estudio concluyó que 80 % de las personas necesitan ayuda para la toma de su medicación.

En la siguiente ilustración describe una arquitectura global de Internet of Things, capaz de soportar la ubicua prestación de servicios de atención médica y el control del servicio en una "Vida Ambiental Asistida," que abarca la movilidad de cualquiera de los agentes de la salud: profesionales de la salud, pacientes, cuidadores, farmacéuticos entre otros. Donde los médicos, utilizando sus propios dispositivos personales o institucionales (móviles o fijos) emitirán recetas que se actualizarán inmediatamente en la base de datos. Y donde los pacientes, o cuidadores, tendrán acceso a un teléfono inteligente (o una tableta) con la aplicación m-health.

Los dispositivos móviles, que utilizan tecnología RFID, permiten a los farmacéuticos administrar la medicación adecuada y a los usuarios verificar que estén tomando/administrando la medicación adecuada, en el momento correcto. A lo largo de todo este proceso, la seguridad es una preocupación importante, se debe otorgar confidencialidad e integridad de los datos. Todos los usuarios e incluso las aplicaciones deben estar acreditadas y autenticadas.

*Ilustración 12*

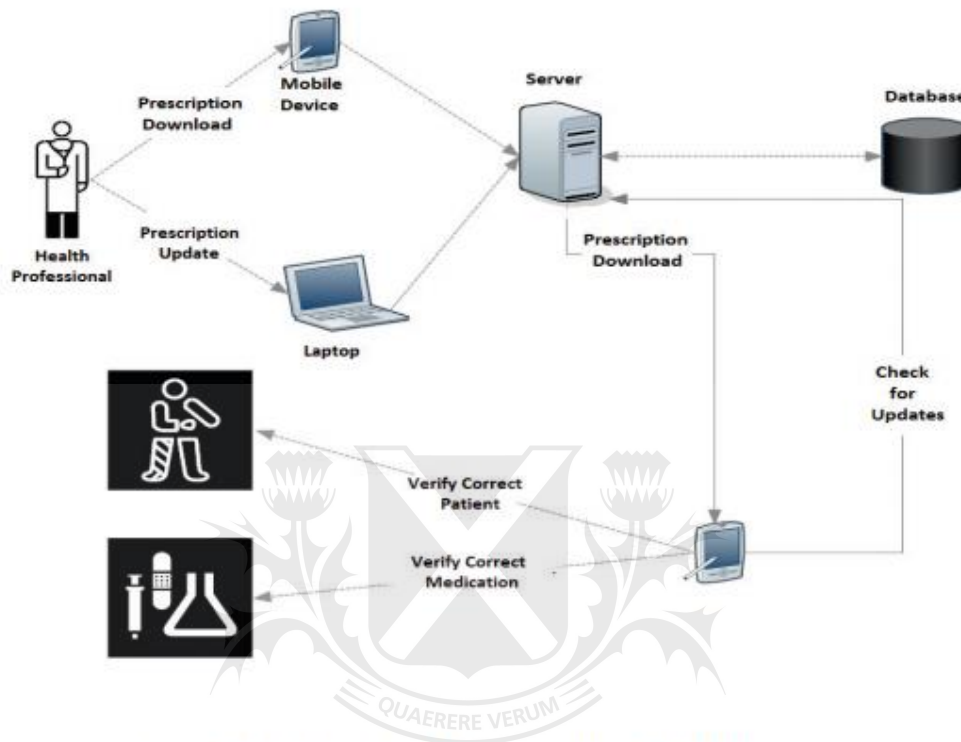


Figure 1. Smart objects and Internet of Things for M-Health

En<sup>66</sup> se ha diseñado un prototipo de sistema inteligente de monitoreo de atención domiciliar para personas discapacitadas. Este prototipo se implementa utilizando tanto las redes inalámbricas de sensores corporales, como el sensor inalámbrico de frecuencia cardíaca, el sensor inalámbrico de presión y la detección de factores del entorno doméstico. Usaron el teléfono inteligente para implementar el prototipo para enviar y recibir los comandos. En ese estudio el uso de Bluetooth v 2.0 limita y ralentiza el funcionamiento del prototipo. Sumado a que los aspectos de seguridad no han sido detallados. Pero dicho trabajo se focaliza en las diferencias que deben existir en la toma de mediciones en el caso de una persona en silla de ruedas. Se puede concluir que el trabajo tiene las siguientes características:

- 1) *Recolección de datos móviles.* Comparando con el método tradicional de espacio restringido, el método de uso de redes inalámbricas de área corporal mejora la portabilidad y flexibilidad del sistema de medición.
- 2) *Supervisión indirecta de la atención médica basada en percibir el entorno circundante.* El monitoreo indirecto del estado de la silla de ruedas y el entorno de vida se utiliza para detectar el estado de peligroso de los usuarios de sillas de ruedas. Comparando con el método tradicional de medir el cuerpo humano directamente, el sistema aumenta los servicios más completo.
- 3) *Interactúa remotamente con el entorno.* El centro de monitoreo remoto, los usuarios de sillas de ruedas y las familias pueden percibir y operar los dispositivos inteligentes hogareños.

Por otra parte en el trabajo presentado por Zhang<sup>67</sup> se discute el uso de la red de sensores inalámbricos en los sistemas de atención médica. Donde se ha diseñado un marco de tres niveles para implementar el sistema. Los autores han discutido los diferentes aspectos de estándares de comunicación de datos como el estándar IEEE 802.11-2012 para WLAN, el estándar IEEE 802.11-2011 para radio cognitiva, el estándar IEEE 802.20 para el sistema de banda ancha móvil de alta velocidad, el estándar IEEE 802.16-2009 para WiMAX y la mayoría de ellos utilizados por telemedicina y el estándar IEEE 802.15.1- 2005 para Bluetooth. Han identificado que el estándar IEEE 802.16 (WiMAX) se puede usar en todos los sistemas de atención médica, porque no presenta colisiones y proporciona una alta calidad de servicio en tiempo real para diversos servicios médicos. Dicho estudio se basa en que tradicionalmente, los sistemas de salud se concentran en hospitales y clínicas. El nuevo lugar de atención **se traslada al hogar del paciente**, donde el clínico puede combinar las tecnologías de la información modernas con el cuidado humano tradicional. Particularmente, las WSN (Wireless Sensor Network) se han vuelto indispensables en la

realización de hogares inteligentes. Los sensores inalámbricos integrados, interactúan con los habitantes para formar una red ambiental inteligente. Algunos usuarios incluso desean la capacidad de proporcionar monitoreo médico continuo y comunicación de emergencia fuera del hogar.

En otro estudio <sup>68</sup> se ha propuesto una plataforma de detección de área corporal KNOWME para comunicaciones de extremo a extremo donde se utilizaron los sensores portátiles y el teléfono inteligente para recopilar y transferir la información capturada. La plataforma KNOWME propuesta está compuesta por cuatro capas para realizar las tareas y reduce la complejidad de las comunicaciones mediante el uso del sistema de acceso múltiple por división de código (CDMA). Los autores se han centrado principalmente en la gestión de los sensores y en el mantenimiento de los buffers, así como en la necesidad de revisar el estándar de comunicación inalámbrica para eHealth.

Hicieron foco también, en el consumo de energía, factor importante a la hora de implementar una solución de estas características. Como así también las diferencias entre los distintos lenguajes de programación y su relación con el consumo de energía, como se pueden observar los siguientes gráficos:<sup>69</sup>

Universidad de  
**SanAndrés**

Gráfico 1

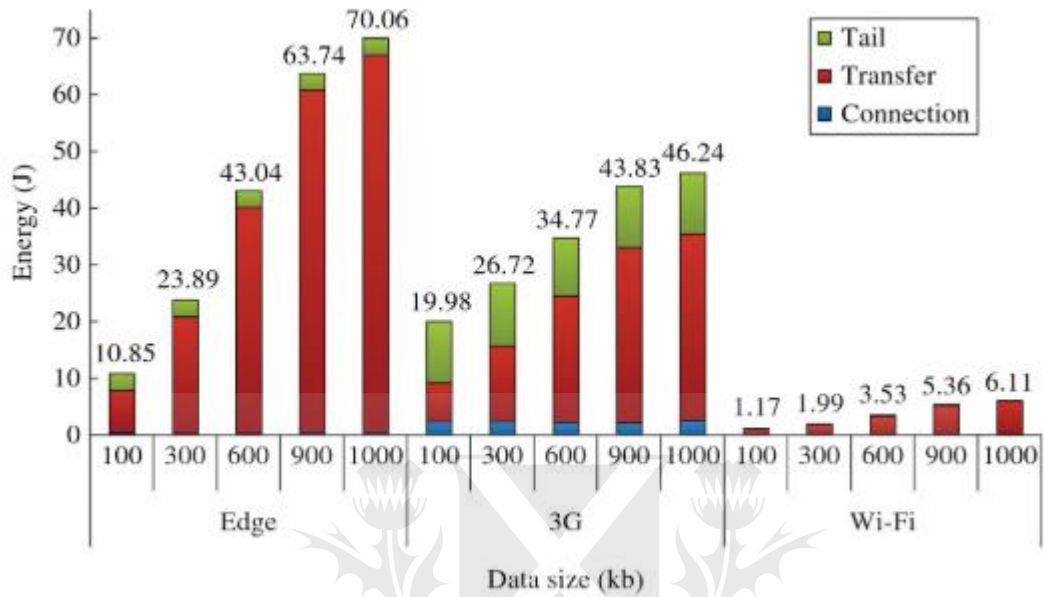


FIGURE 8.7 Data transmission costs (uplink).

Gráfico 2

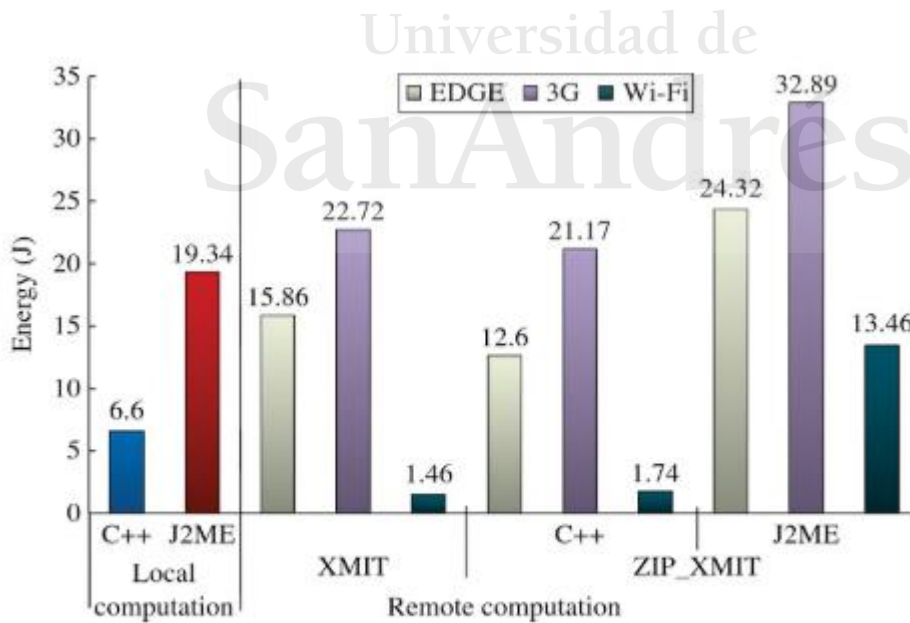


FIGURE 8.8 Local versus remote computation of QDA.

## Aplicaciones relacionadas a la atención médica

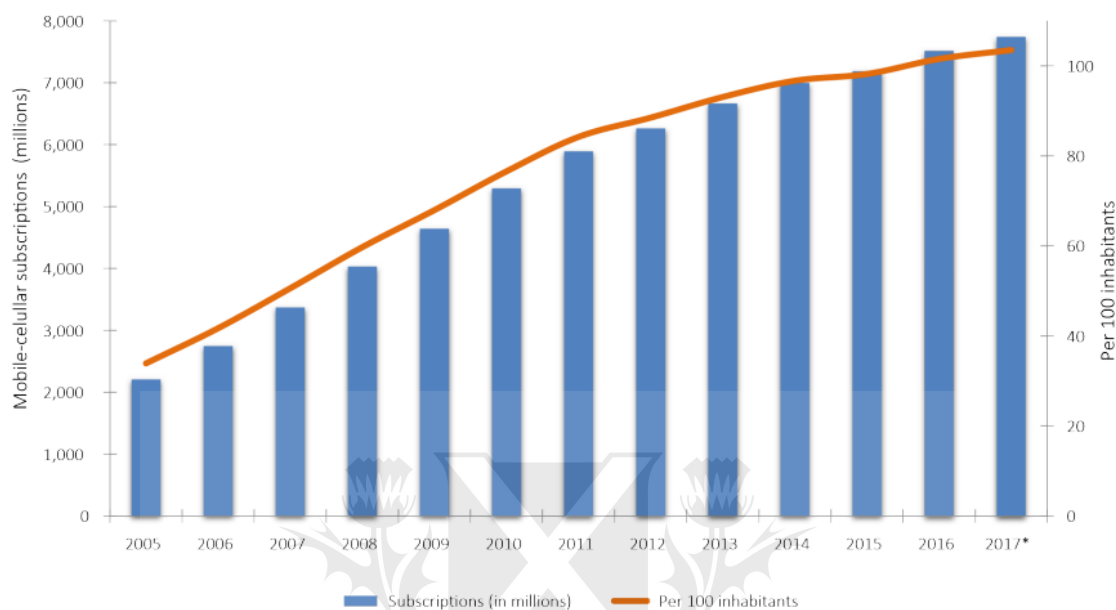
El rápido crecimiento de las aplicaciones relacionadas con la atención médica simplifica la implementación de las tareas la recopilación y el análisis de los datos, de forma más sencilla. Los avances en los distintos sensores también conducen al desarrollo de nuevas aplicaciones para ser utilizadas por eHealth. La atención médica móvil, también conocida como mHealth, solo ha sido posible gracias a este avance en la tecnología de sensores. Según la UIT, la suscripción de celular excede la población mundial y se estima que más de 50 de cada 100 habitantes accede a internet mediante su teléfono celular.

El número total de suscripciones móviles-celulares aumentó de 2.20 billones en 2005 a 5.29 billones en 2010, 7.18 billones en 2015 y aproximadamente 7.74 billones en 2017. El número de suscripciones por cada 100 habitantes ha crecido de 33.9 en 2005 a 76.6 en 2010, 98.2 en 2015 y un estimado de 103.5 en 2017. La mayoría de las organizaciones e investigadores definen este mercado como emergente para la prestación de servicios de salud.<sup>70</sup> Los datos de la UIT se detallan en el siguiente gráfico:

Universidad de  
**SanAndrés**

### Gráfico 3

Chart 1.5: Global mobile-cellular subscriptions, total and per 100 inhabitants, 2005–2017\*



Notes: \* ITU estimate.  
Source: ITU.

Se puede encontrar una amplia gama de aplicaciones de mHealth para el control de las enfermedades como la Diabetes,<sup>71</sup> Presión arterial<sup>72</sup>, Frecuencia cardíaca<sup>73</sup>, Actividad física<sup>74</sup> y soluciones Anti-Obesidad<sup>75</sup>. También existen diversas aplicaciones de cuidado de la salud, disponibles para varios tipos de dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas y iPad, dispositivos que se conocen como BlueBox<sup>76</sup> que se visualiza en la siguiente ilustración, WIHMD<sup>77</sup>, AppPoint<sup>78</sup>, Heart-ToGo<sup>79</sup>, Frecuencia cardíaca instantánea<sup>80</sup> entre otras.

### Ilustración 13

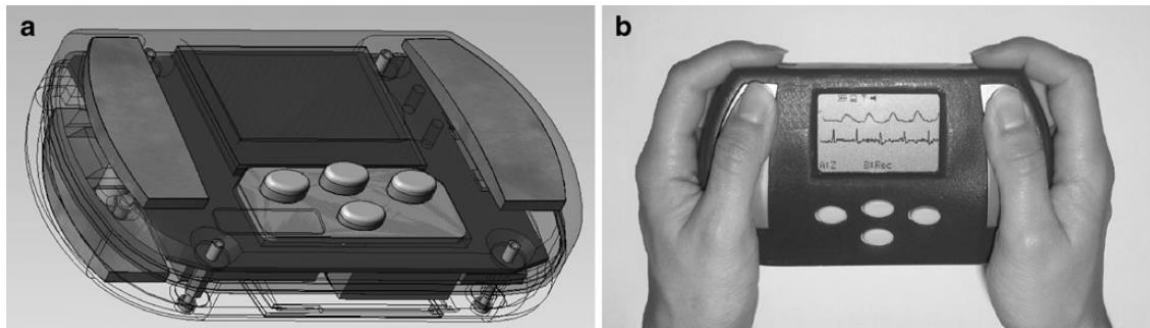


Fig. 1 3D CAD of Blue Box (a) and its handheld operation (b)

Aunque se pueden encontrar varios tipos de aplicaciones a través de Internet, en algún lugar estas aplicaciones carecen de seguridad y privacidad, confiabilidad, eficiencia y aceptabilidad. Además, estas aplicaciones están diseñadas para dispositivos similares a teléfonos inteligentes, donde la duración de la batería es un problema.

En la siguiente ilustración en 2 (a) se representa la aplicación de atención médica para monitorear el ECG usando el teléfono inteligente. En la ilustración 2 (b) se muestra la aplicación móvil para controlar la presión arterial, frecuencia cardíaca, SPO2. Del mismo modo en la ilustración 2 (c) se representa la captura de los datos del dispositivo de control de la presión arterial usando el teléfono inteligente, y por último la ilustración 2 (d) representa la información del Glucómetro usando el teléfono inteligente. Estas aplicaciones comprueban continuamente los datos obtenidos por el sensor para actividades como frecuencia cardíaca, ECG, pulso, presión sanguínea y niveles de azúcar en la sangre del usuario. Y luego informando al personal de atención médica en caso de una emergencia.



*Ilustración 14*



*Las aplicaciones de atención médica usan Smartphones para monitorear (a) ECG, (b) Presión sanguínea, frecuencia cardíaca, SPO2 y temperatura corporal (c) Presión arterial y pulso (d) Nivel de azúcar en la sangre. A novel and secure IoT based cloud centric architecture to perform predictive analysis of users activities in sustainable health centres. Multimedia Tools and Applications*

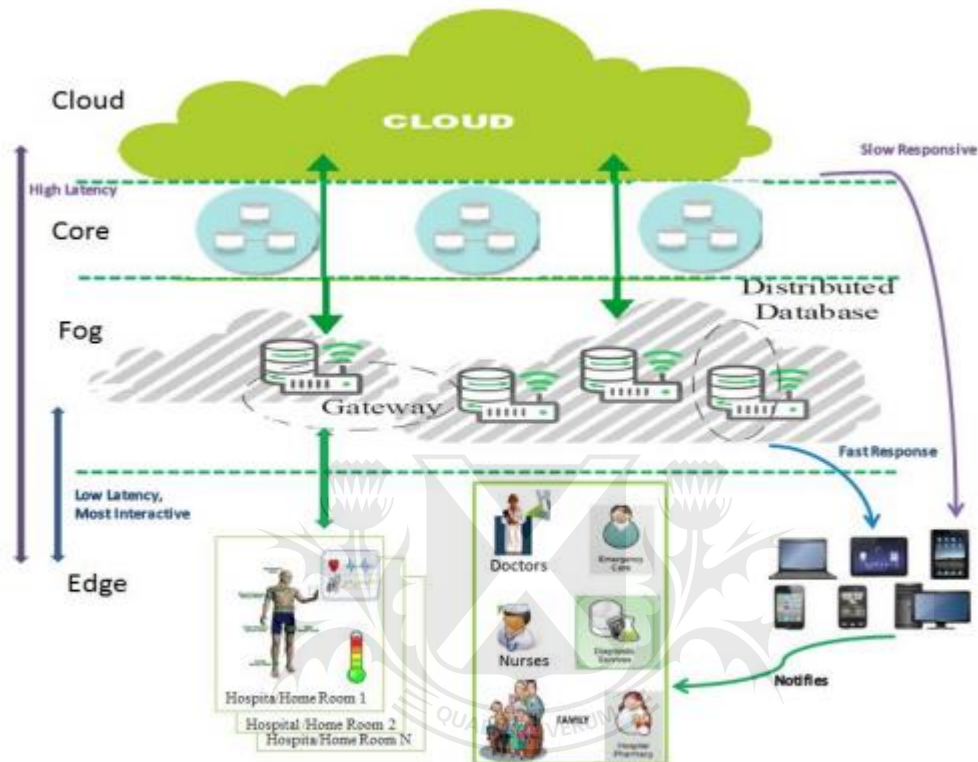
## Arquitecturas de cuidado de la salud basadas en la nube

Como hemos visto, al introducir IoT en la atención de la salud se generan nuevos marcos de implementación y aplicaciones. La integración de tecnologías clouds con frameworks basados en IoT, podría proporcionar varios beneficios por lo fácil que resulta implementar sobre redes tradicionales, seguridad de la información mejorada durante la comunicación, acceso rápido de registros y ahorro de energía sobre los marcos de cuidado de salud tradicionales existentes. En Tyagi <sup>81</sup> se ha propuesto un marco conceptual basado en la nube, para implementar asistencia sanitaria basada en dispositivos IoT. Los autores han intentado construir una red entre varias entidades de atención médica como pacientes, médicos y hospitales que han utilizado esta red para la transferencia segura de información médica. Los autores también han enfatizado que se debe implementar un modelo de seguridad completo, cubriendo todos los aspectos y configurado para soportar una implementación en la nube.

Por otra parte en el trabajo de Hossain y Muhammad <sup>82</sup> se han centrado en una infraestructura de monitoreo de salud en tiempo real para analizar pacientes. Han presentado un marco de health&IoT para monitorear el ECG y otros datos relacionados con la atención médica utilizando teléfonos inteligentes. La arquitectura propuesta de health&IoT está diseñada basada en cloud computing. Los autores han utilizado las técnicas de marca de agua para la seguridad de los datos al ser comunicados.

En Nandyala y Kim <sup>83</sup> han propuesto una arquitectura basada en IoT para el monitoreo de u-Healthcare. También mencionaron que la arquitectura tradicional de computación en nube enfrenta muchos desafíos y presentó una extensión de nube como niebla (fog). Han propuesto un modelo informático de Cloud to Fog para implementar la arquitectura propuesta de control de la atención médica.

Ilustración 15



**Figure 2. C2F Computing and IoT Based Architecture for Real-time U-Healthcare Monitoring**

Este documento examinó las características claves de la computación Fog y cómo Fog agrega y amplía la computación en la nube; propuso una arquitectura C2F (Cloud to Fog) para la monitorización U-healthcare (ubiquitous healthcare) para hogares inteligentes y hospitales. Como así también se analizó en el trabajo de Farid y Rohan donde se describió el problema crítico de la conmutación sin interrupciones en la informática ubicua (ubiquitous computing). La problemática indica que los datos deben cambiarse de una red a otra sin intervención del usuario, mientras se mueve de un entorno a otro. Y se concluyó que se necesita más investigación y desarrollo en el campo de la Bio-detección, acondicionamiento de señal, técnicas inalámbricas de baja potencia, así como tecnología y computación ubicua. Así de esta manera un verdadero sistema de salud en línea con

características tales como movilidad libre, seguridad, duración extendida de la batería, la confiabilidad y la ubicuidad pronto se convertirán en realidad.<sup>84</sup>

En Hassanaliyagh<sup>85</sup> se han presentado pautas de integración, para el control remoto de la salud en la práctica médica. En el trabajo se han utilizado los teléfonos inteligentes como concentradores en la infraestructura de IoT y para la agregación de datos cloud computing. En este caso los autores han realizado de dos a tres días de “monitorización fisiológica continua”, utilizando estos sensores y han recogido parámetros fisiológicos relacionados para actualizar la base de datos de salud.

Ilustración 16

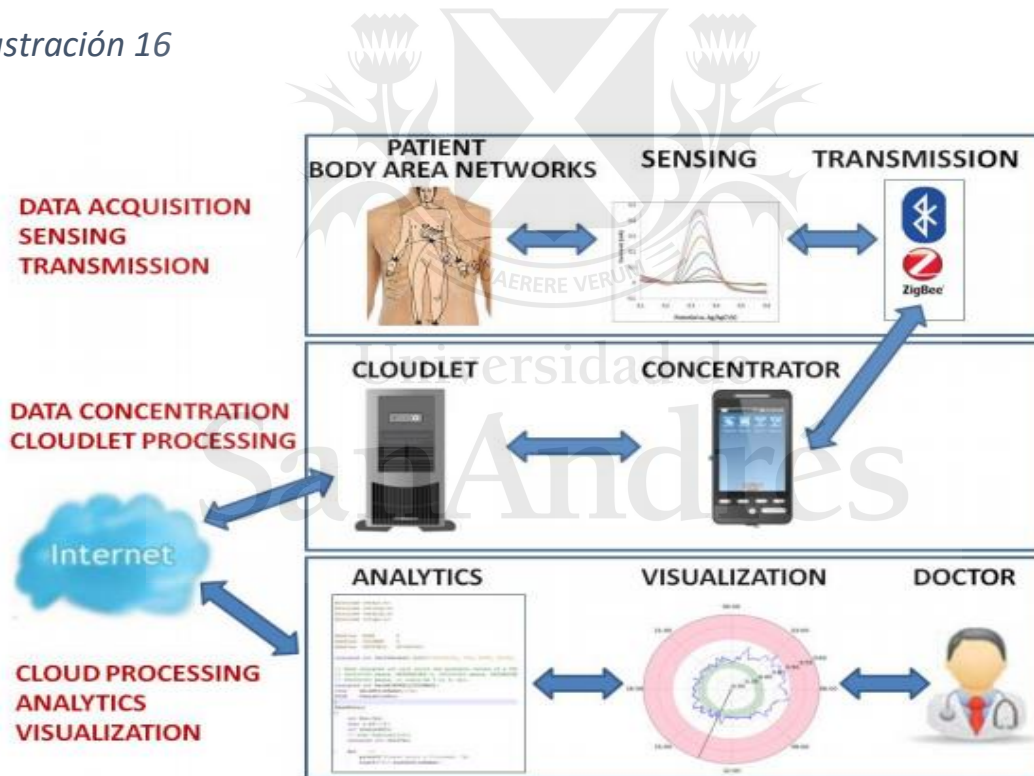


Fig. 1. Components of a remote patient monitoring system that is based on an IoT-Cloud architecture.

Y en dicho trabajo se concluye también, que los sensores portátiles particularmente aquellos equipados con inteligencia de IoT, ofrecen opciones atractivas para permitir la observación y el registro de datos en el hogar y en el trabajo, durante períodos mucho más

largos que los que se realizan actualmente. **Esta cantidad de datos valiosos almacenados, cuando se analiza y se presenta a los médicos en visualizaciones fáciles de asimilar, tiene el potencial de mejorar radicalmente la atención médica y reducir los costos.**

En el trabajo de Seales<sup>86</sup> se ha propuesto una arquitectura para redes “centradas en contenido” para Health-IoT. Esta red tiene varios beneficios e integra servicios de salud, sensores y procesamiento en la nube para Health-IoT. La arquitectura propuesta PHINet registra automáticamente los datos de los sensores del cuerpo del usuario y actualiza la base de datos en consecuencia. El uso procesamiento en la nube en esta arquitectura hace que los datos sean fáciles de manejar tanto para el análisis del usuario como del personal de atención médica.

Ilustración 17

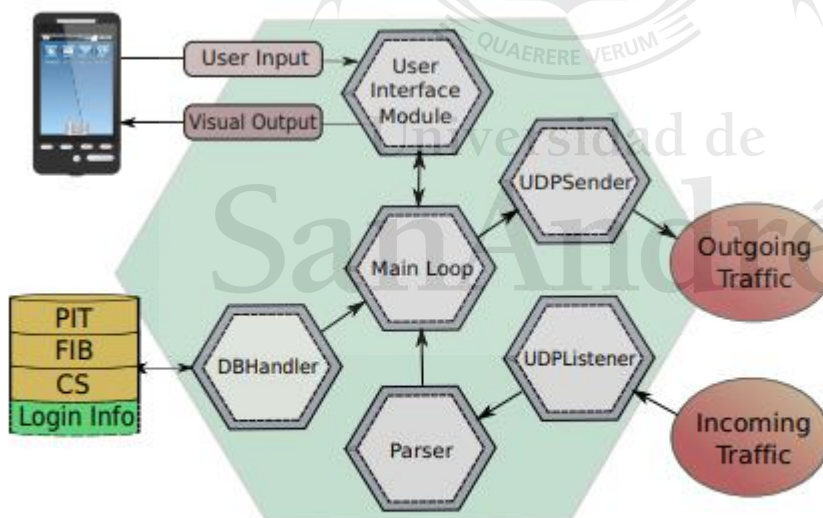


Fig. 3: Modules in PHINet

Como parte fundamental del trabajo se desarrolla que Internet, inicialmente diseñado para conectar una computadora a otra computadora para facilitar la comunicación, ya no es

eficiente y, por lo tanto, ha habido varias iniciativas para rediseñar la arquitectura de Internet. Entre distintas propuestas, Named Data Networking (NDN)<sup>87</sup> que ha recibido más de **\$ 13.5 millones de dólares** en fondos solo de la National Science Foundation, se ha convertido en la idea más prometedora para solucionar esta situación. La red de datos designada desacopla el enlace entre la ubicación y el contenido, por lo tanto en esta arquitectura, buscar el contenido de la mejor ubicación es un servicio que la red debe proporcionar. Mientras que en la arquitectura de Internet basada en TCP / IP actual, la carga de encontrar la ubicación es colocado en los usuarios. Además, los datos solicitados se almacenan en caché en los enrutadores intermedios a medida que regresa al solicitante<sup>88</sup>. Se puede visualizar que el NDN es reconocido como el candidato más prometedor para la futura arquitectura de Internet y está atrayendo el apoyo de investigadores de todo el mundo.<sup>89</sup>

Tabla 3

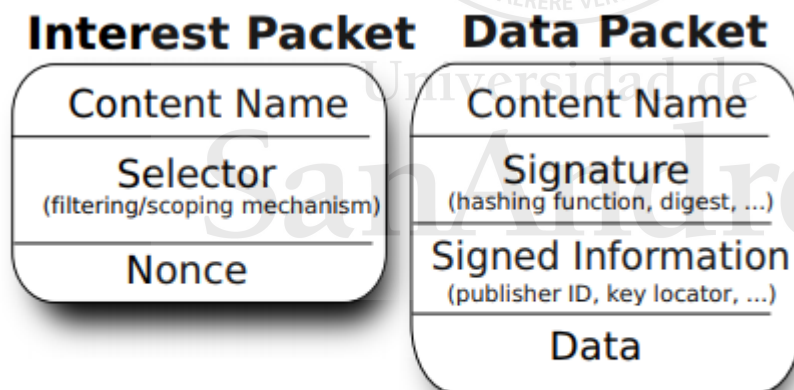


Fig. 1: NDN Packet Structure

### 3. Capítulo III - Escenarios de aplicación de IoT de salud centrado en el hogar

En este capítulo se desarrollaran distintos escenarios de implementación de soluciones basados en IoT orientados a implementar un sistema completo de salud centrado en la atención principalmente en el hogar con el objetivo de descentralizar la atención en los centros hospitalarios tradicionales.

#### Servicios de Emergencia

Los servicios de emergencia (SE) también se unen a la evolución y el nuevo paradigma del servicio médico centrado en el paciente desde el hogar. El SE es sumamente importante, pues muchas vidas dependen de su buena y oportuna gestión; muchas veces la responsabilidad recae en el servicio pre-hospitalario y calidad del servicio médico de emergencia. Hasta el momento existen varias soluciones que ayudan a una oportuna gestión del servicio pre-hospitalario, a través de las tecnologías inalámbricas y utilización de IoT como base.<sup>90</sup> Considerando que si pensamos en desarrollar la atención centrada fuera de los centros hospitalarios tradicionales, los SE serán aún más críticos y podrían llegar a necesitarse con mayor frecuencia.

En el estudio de Fan YJ y Yin YH<sup>91</sup>, se muestra un sistema inteligente de rehabilitación basado en IoT y una metodología de diseño de automatización basado en ontologías. La Ontología ayuda a los computadores a la correcta comprensión de los síntomas y los recursos médicos, lo cual permite crear una estrategia de rehabilitación y volver a configurar los recursos médicos de acuerdo con las necesidades específicas de los pacientes de forma rápida y automática dentro del sistema completo.

Las investigaciones en distintas alternativas de rehabilitación en el hogar se basan en la tendencia creciente del envejecimiento de la población, plantea muchos desafíos que deben abordarse de forma realista. Uno de los desafíos es la rehabilitación de los ancianos, que consume tiempo, recursos y mano de obra. La tendencia de la facilitación comunitaria del tratamiento de rehabilitación se ha vuelto popular en los últimos años con el desarrollo

de Smart City. Es este escenario los SE juegan un papel fundamental ya que más personas se encontrarán rehabilitándose fuera de los centros hospitalarios y es posible que necesiten de los servicios de emergencia para trasladarse.

En comparación con la rehabilitación tradicional de hospitales locales, la rehabilitación inteligente basada en la comunidad tiene como objetivo brindar un tratamiento conveniente, efectivo, interacción adecuada y una reconfiguración rápida para hacer posible el máximo uso de los recursos médicos de acuerdo con los requisitos específicos de los pacientes. Internet of Things (IoT) tecnología, que ha sido reconocida como la próxima tecnología.

#### Asistencia Médica en Hogares Inteligentes

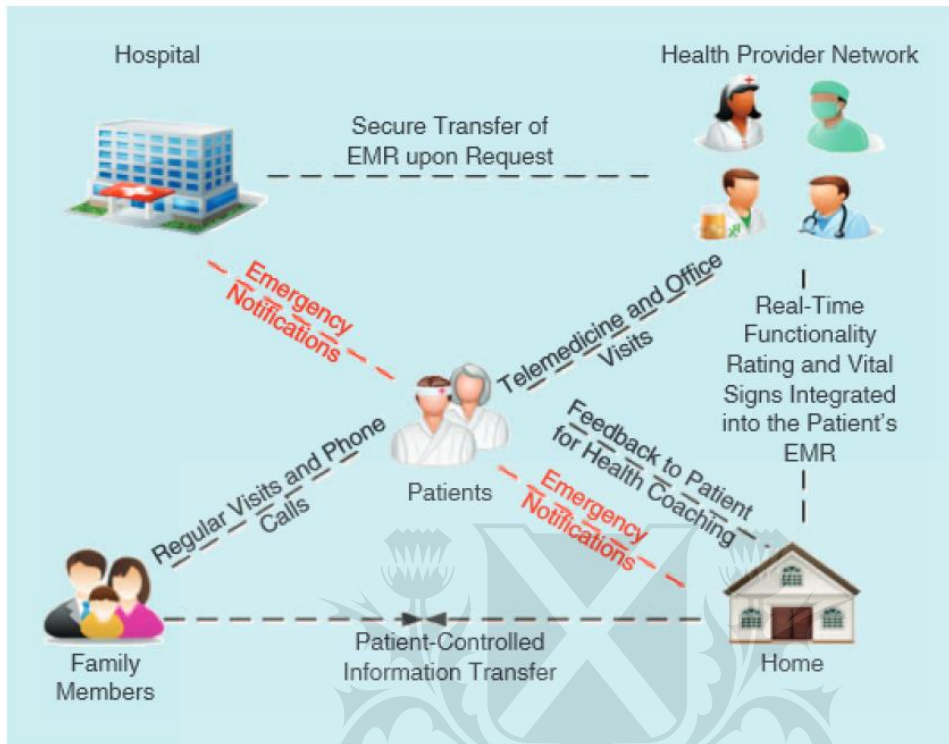
La atención domiciliaria o en el hogar se ha convertido en la preferida por los pacientes de la tercera edad, por ende, dicha atención domiciliaria a distancia es una de las áreas con mayor crecimiento en el campo de la salud. Como se ve por ejemplo en la siguiente ilustración.



Universidad de  
**SanAndrés**



### Ilustración 18



*Hassle-Free Vitals: BioWireleSS for a Patient-Centric Health-Care Paradigm. Microwave Magazine* <sup>92</sup>

Gracias a esto, muchas aplicaciones cuyo objetivo sea de una forma u otra el cuidado del paciente en el hogar, se están desarrollando con rapidez. El principal objetivo de estos sistemas es tener un mejor control en la atención de la salud del paciente, lo cual puede reducir las visitas al hospital y posibilitar el mejoramiento de la calidad de vida de las personas. <sup>93</sup>

El sistema eBPlatform <sup>94</sup>, basado en IoT, fue diseñado para la atención domiciliar de los pacientes con enfermedades no transmisibles en China. Las enfermedades no transmisibles (ENT) no se transmiten de persona a persona. Por lo general, son de larga duración y progresan lentamente. Las ENT más comunes incluyen enfermedades cardiovasculares (como ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares), cánceres, enfermedades

respiratorias crónicas (como enfermedad pulmonar obstructiva crónica y asma) y diabetes. Las ENT comparten varios factores de riesgo modificables comunes: el consumo de tabaco, el consumo nocivo de alcohol, la inactividad física y una dieta no saludable. La mitigación de los efectos de estos factores de riesgo comunes es fundamental para combatir las ENT en todo el mundo.<sup>95</sup>

Datos principales sobre las ENT (o de sus siglas en inglés Non-communicable disease N.C.D):

- Las enfermedades no transmisibles son la principal causa de muerte en todo el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2012 estimó que las ENT representan el 60% (más de 35 millones) de muertes al año.
- Aproximadamente el 80% de las muertes relacionadas con las ENT ocurren en países de ingresos bajos y medianos, donde los sistemas de salud frágiles a menudo luchan por satisfacer las necesidades de salud más básicas de la población.
- La OMS estimó que el 48% de las muertes por ENT en los países de ingresos bajos y medianos ocurren antes de los 70 años, en comparación con el 26% en los países de altos ingresos.
- En 2012, todos los países miembros de las Naciones Unidas se comprometieron a lograr una reducción del 25% en la mortalidad prematura por ENT en 2025.
- En 2011, el Foro Económico Mundial estimó que el impacto económico global combinado de las enfermedades cardiovasculares, las enfermedades respiratorias crónicas, el cáncer, la diabetes y la salud mental será de más de \$ 47 billones de dólares en los próximos 20 años.

En el estudio<sup>94</sup> fue utilizado un sensor denominado eBox, el cual puede ser desplegado en el hogar del paciente y permite el monitoreo constante de su presión arterial, azúcar en la sangre y señales de electrocardiograma. Los datos asociados a las mediciones son desplegados en un portal web en el cual los médicos pueden proporcionar un tratamiento en línea. El sistema fue probado mediante un caso de estudio en Beijing con 50 pacientes. Según los autores, los resultados de la prueba muestran que la plataforma puede aumentar la eficiencia del médico debido a la comunicación constante con el paciente, logrando así un mayor control en el tratamiento propuesto.

*Ilustración 19*



Fig. 3: Pictures of the eBox.

## Servicio de Medicación Inteligente

El éxito en el tratamiento de cualquier enfermedad depende en gran medida del cumplimiento al tomar la medicina prescrita, en el momento adecuado. Factores asociados al paciente pueden llevar al incumplimiento en la toma de medicina, ya sea por factores psicológicos asociados con la ansiedad, motivación de recuperación, actitud hacia la enfermedad como al olvido del horario en que deben tomar los medicamentos en las personas de la tercera edad.

En una consulta rutinaria, es casi imposible que el médico detecte que el paciente no está tomando la medicina de manera adecuada, a menos que el mismo paciente lo mencione, lo cual afecta sin duda alguna el proceso de recuperación. Por este motivo, han surgido diferentes proyectos de sistemas de administración de medicamentos, con el objetivo de controlar la toma de medicación del paciente, en su hogar.

En<sup>96</sup> se diseñó e implementó una plataforma denominada iHomeHealth-IoT, la cual está conformada por una caja de medicina inteligente (iMedBox) y envases farmacéuticos inteligentes (iMedPack) con capacidades de comunicación por RFID. La plataforma es capaz de enviar una alerta al paciente visualizada en la caja inteligente indicando que la hora de la toma del medicamento ha pasado; además esta alerta se complementa con un mensaje de texto al médico a cargo. Se muestra a continuación una ilustración de la solución.

### Ilustración 20



Figure 15 Demonstration of the iMedBox for medication management application

En la sociedad moderna, la vida ocupada ha hecho que las personas olviden muchas cosas en la vida cotidiana. Las personas mayores y las personas víctimas de enfermedades crónicas, necesitan tomar sus medicamentos oportunamente.

Los datos recopilados proporcionan una herramienta de apoyo para las decisiones que los pacientes tienen que tomar sobre la adquisición de sus medicamentos. Puedan comparar los planes de medicamentos recetados según la situación individual y las preferencias del paciente. La herramienta desarrollada en el trabajo<sup>97</sup> proporcionará información explícita que ayudará al paciente a determinar el plan de medicamentos más adecuado, teniendo en cuenta la importancia de las características del plan. Al utilizar datos históricos, se realizarán comparaciones con los gastos de recetas para pacientes que anteriormente hayan utilizado la aplicación que tengan un perfil de salud similar al identificado por el paciente actual.

En la siguiente ilustración se observa un módulo de atención médica a domicilio, específicamente para el manejo de medicamentos. Resumiendo el funcionamiento del sistema, se genera una alarma de acuerdo con fecha y hora programada. Esta situación se puede monitorear, con ayuda de un sensor que supervisará de forma remota la información del medicamento. Luego el sistema comparará el hábito de consumo de drogas del paciente, con las alarmas generadas.

### Ilustración 21

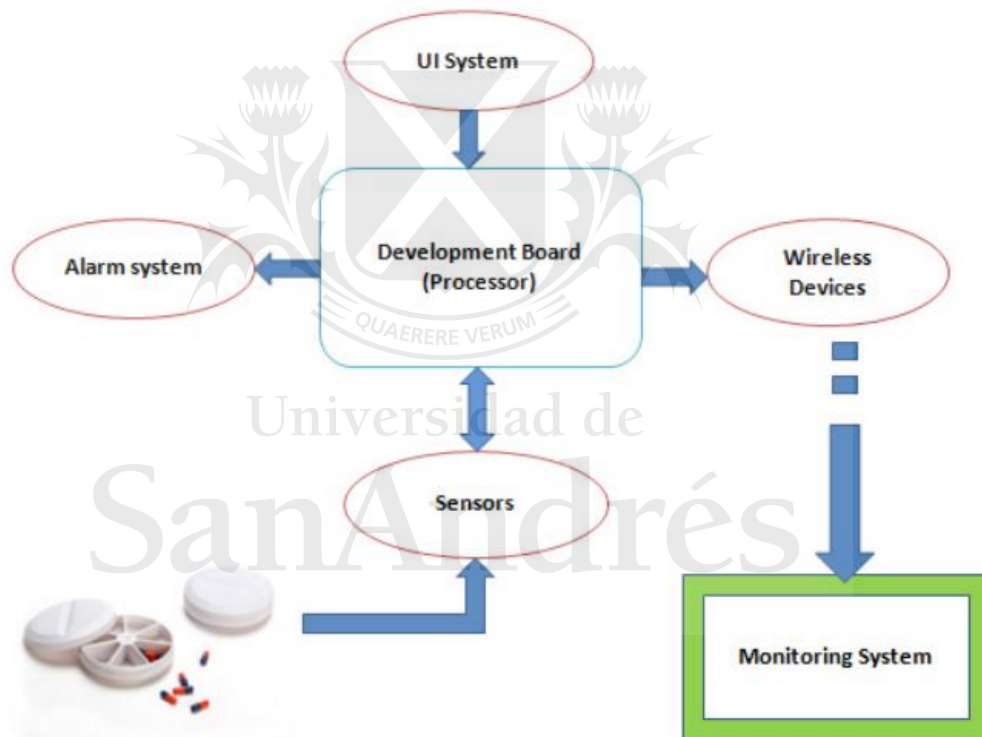


Fig. 1. Showing the block diagram of medicine reminder including remote monitoring.

El estudio concluye que las IOT juega un papel vital en la comunicación de los dispositivos. El uso del protocolo de mensajería y de comunicación seguro, es fundamental para poder transferir de forma segura los mensajes relacionados con la salud. También se concluye que la nube IOT de código abierto propuesta en la investigación, será efectiva para almacenar

datos de sensores. Y que el principal beneficio del almacenamiento digital es que la recuperación de datos es fácil y más rápida, en caso de emergencia para una salud segura. Por último detalla que para la identificación de la identidad del usuario y los propósitos de cifrado/descifrado, la RFID es la mejor opción.<sup>97</sup>

### Dispositivos Biomédicos Portátiles Inteligentes

La investigación y el desarrollo de dispositivos inteligentes portátiles (SWD, Smart Wearable Devices) para servicios personalizados, como por ejemplo la salud, han motivado a los gobiernos y a las agencias de investigación de todo el mundo. Europa, Estados Unidos y Asia han puesto un notable interés en la financiación de proyectos de investigación en los cuales temas como E-Health y TIC son los más destacados.

Un ejemplo de los numerosos proyectos desarrollados en Estados Unidos es el del “Oregon Center for Aging and Technology”, proyecto centrado en el desarrollo y despliegue de la tecnología de sensores para monitorear los adultos mayores en el hogar. En Asia, el Fondo de Innovación y Tecnología de Hong Kong ha apoyado numerosos proyectos de investigación orientados a desarrollar SWD para controlar la función cardiovascular.

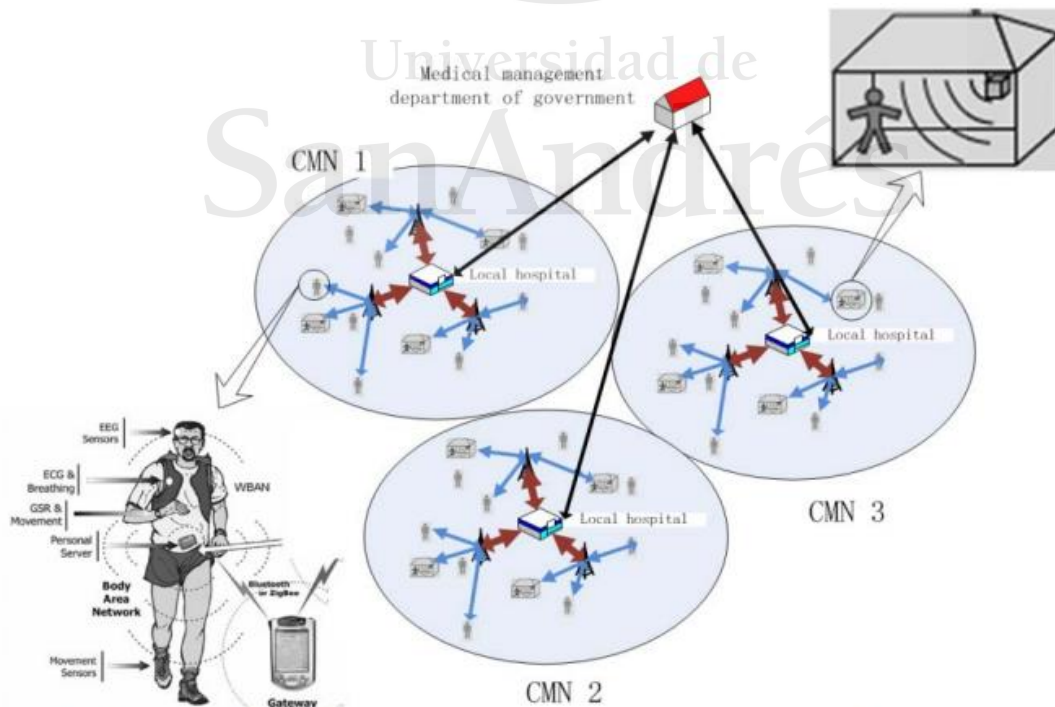
El desarrollo de los SWD tiene como objetivo abordar el desafío de reducir los costos de atención médica cubiertos por los Servicios Nacionales de Salud, al mismo tiempo que se mantiene la calidad de los servicios de atención médica provistos.<sup>98</sup>

En la investigación de You<sup>99</sup> se propone una arquitectura de red basada en 3G, GSM, Internet y redes de sensores inalámbricos de área corporal (WBASN, Wireless Body Area Sensor Network), llamada Redes de Médicos Comunitarios, CMN por sus siglas en inglés (Community Medical Network). La arquitectura propuesta por You en el paper está dividida en 5 grandes partes: WBASN, dispositivos móviles, redes de comunicación móvil, backbone y servidores en los hospitales locales. En cuanto a la implementación del sistema propuesto, WBASN es responsable tanto de la supervisión del estado de salud de los pacientes como

de la adquisición de la información médica; este manejo juega un papel importante en el CMN.

El caso de negocio que plantea requiere que la construcción del CMN sea realizada por el gobierno, los hospitales municipales seleccionados y los operadores de telefonía móvil. Los departamentos de gestión médica y sanitaria del gobierno, son responsables de la supervisión de la cobertura, la operación, el contenido del servicio, la calidad y el precio del CMN. Los hospitales municipales seleccionados, proporcionan los servicios médicos y de salud a los usuarios, que pagan por los servicios recibidos de forma particular o por asistencia social/seguro. Los operadores móviles proporcionan acceso a la red e infraestructura de red móvil. Los fabricantes de dispositivos proporcionan WBASN estándar y puerta de enlace móvil. Y de acuerdo con sus autores, CMN no necesita grandes costos para su despliegue, no se ve alterada con la movilidad de los pacientes y puede reducir los costos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades. <sup>98</sup>

### Ilustración 22

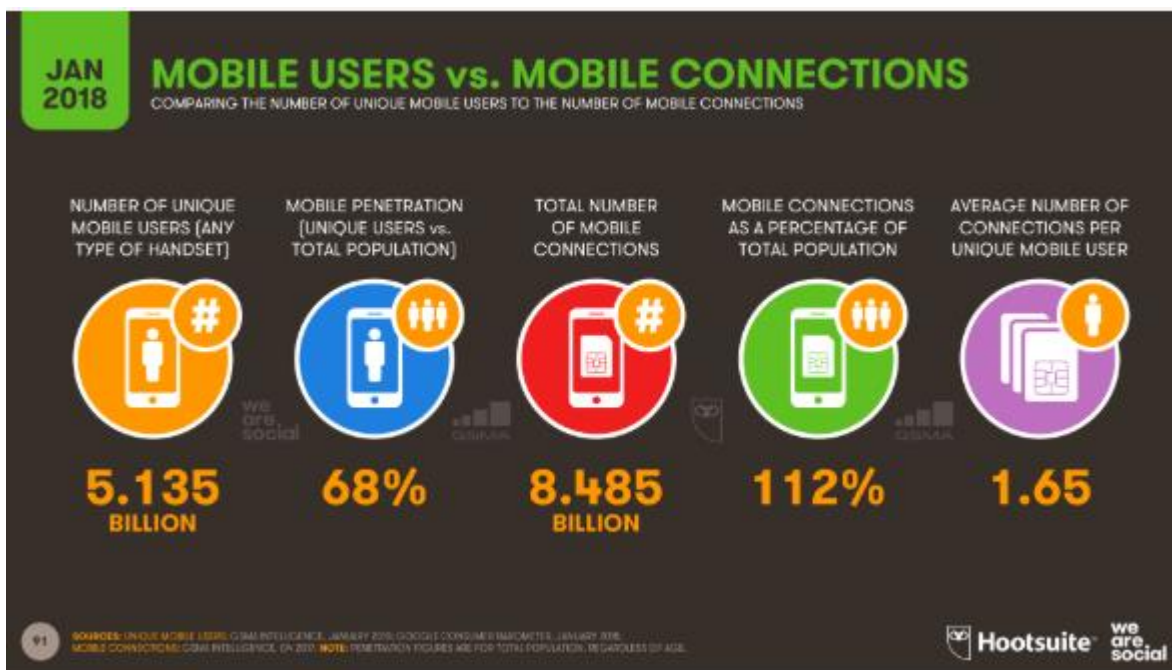


**Figure 1. System architecture of CMN.**



Se pueden encontrar muchos ejemplos de este tipo de implementaciones, siempre apoyadas en el uso de dispositivos móviles. Como se puede analizar en el informe estadístico de HootSuite donde se visualiza que hay 5.135 billones de usuario móviles únicos que es el 68% de la población mundial.

### Ilustración 23



Otro ejemplo de la utilización de los dispositivos móviles es MuSa (Multi Sensor Assistant)<sup>100</sup>. El estudio se centra en las características introducidas en el sensor portátil MuSA, para apoyar el análisis del comportamiento humano, en el contexto del proyecto HELICOPTER, financiado en el programa conjunto europeo AAL. En particular, el dispositivo portátil realiza dos funciones claves:

- 1) Se utiliza como una fuente de datos de comportamiento monitoreando continuamente la cantidad de actividad física del usuario (a través de la evaluación del índice de gasto de energía), la ubicación y la postura
- 2) Permite la fusión de datos provenientes de los sensores ambientales, atribuyendo las acciones de un sensor en particular a un usuario específico en un entorno multiusuario. Donde destaca que muchas enfermedades crónicas, endémicas entre la población de la tercera edad, podrían ser tratadas (o incluso prevenidas) con mayor efectividad si se toma en cuenta la monitorización frecuente de los indicadores adecuados: se han desarrollado así sensores clínicos adecuados para el uso doméstico. Se muestra a continuación una ilustración del dispositivo MuSa desarrollado.

#### *Ilustración 24*



**Fig. 1** MuSA wearable device

## Servicio de Redes Sociales enfocados en la Salud

Con la aparición de la World Wide Web, el Internet ha sido protagonista de numerosos avances en la sociedad, incluso con la explosión de la llamada Web 2.0, empezó el fenómeno de las redes sociales. Las redes sociales tales como Facebook, Twitter, Youtube, entre otros, se han convertido en poderosas herramientas a través de Internet. Aplicaciones de generación de contenido, blogs, wikis, han fortalecido en gran parte la forma de hacer negocios en la Internet, siendo la fuente de ingreso de muchas empresas y familias a nivel mundial.

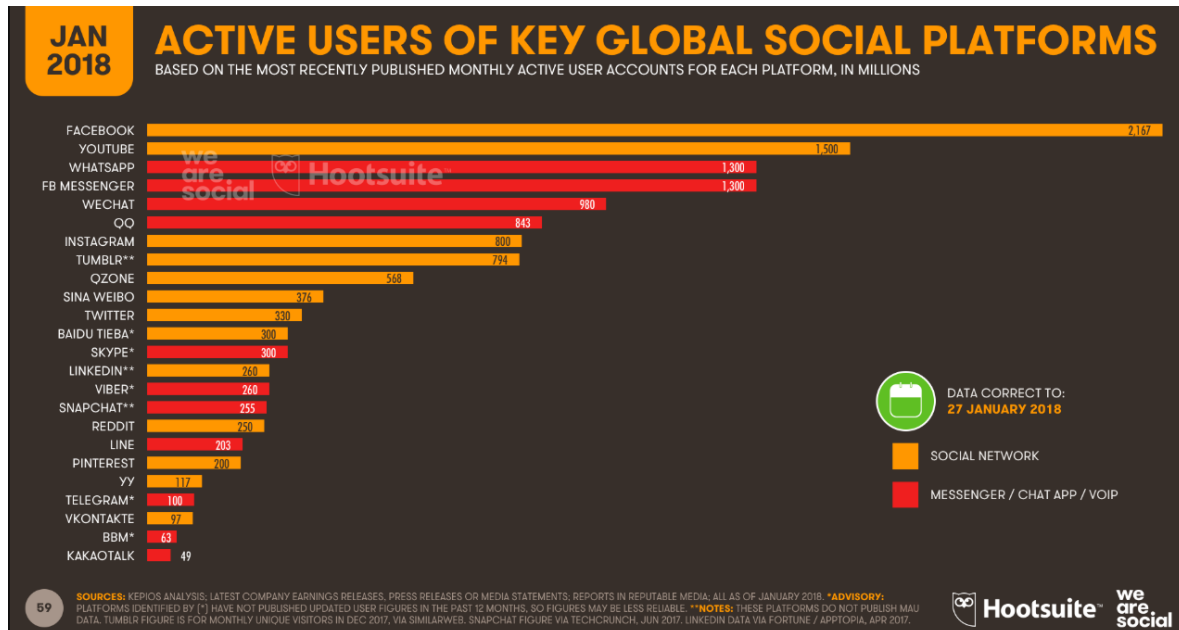
Actualmente con los dispositivos IoT y sus aplicaciones en la salud, crecen aún más las comunidades en Internet, como por ejemplo en el estudio realizado en Estado Unidos por K. Patrick, donde se describe una comunidad de apoyo social a la pérdida de peso, que se encuentra compartida a través de una red social de Internet. Estas personas pueden compartir sus motivaciones y experiencias; el apoyo a estas personas es tan personalizado como si estuvieran cara a cara con el médico, pero ofrece aspectos únicos de comodidad, anonimato e interacción sin prejuicios.

Dentro de la metodología utilizada, realizan encuestas para analizar información recolectada de las respuestas de los pacientes, realizadas a través de la red social. Este estudio pudo recolectar también información sobre las relaciones entre el uso de Facebook, el apoyo social y los comportamientos de salud. Facebook es un lugar prometedor para la promoción de la salud dada su ubicuidad y gracias a que los usuarios pueden compartir sus experiencias en tiempo real. En el estudio se desarrolla que el apoyo social dentro de las comunidades de Internet para pérdida de peso, merece mayor atención y mejores evaluaciones. Estas comunidades pueden ayudar a los médicos a tomar decisiones que aporten al bienestar de estas personas.<sup>101</sup>

Se marca una verdadera relevancia en la utilización de Facebook como plataforma para la investigación por su relevancia y cantidad de usuario. Tendencia que se sigue validando ya

que estudios recientes de HootSuite revelan que existen más de 2,167 millones de usuarios activos mensuales en Facebook a Enero de 2018, valor que ocupa el primer lugar respecto a otras redes sociales, como se detalla en el siguiente gráfico:

Gráfico 4



<https://wearesocial-net.s3.amazonaws.com/>

Otro ejemplo importante de las redes sociales lo encontramos en <sup>102</sup>, donde las redes sociales y sitios web de intercambio de archivos han concentrado a los pacientes con esclerosis múltiple (MS) de todo el mundo. Y han facilitado la distribución de las experiencias personales y la información derivada de la investigación médica sobre las CCSVI (chronic cerebrospinal venous insufficiency). En este trabajo se revisa cuidadosamente los recursos disponibles en Internet para los pacientes con MS que buscan información sobre la CCSVI, y las responsabilidades de los médicos a medida que participan en estas discusiones en línea. Como resultado se identifica que ha existido un crecimiento acelerado en el número de pacientes que buscan tratamiento para este síndrome, contemplando la posibilidad de mejorar su condición actual.

El IoT a través de las redes sociales también ha tenido un impacto en la salud mental. En el estudio de Hidy <sup>103</sup> se desarrolla el caso en el que se revisa el desarrollo y los usos actuales de las redes sociales, sobre la salud mental. Los dilemas éticos y legales, así como directrices prácticas para los “médicos de salud mental” interesados en el desarrollo de una red social para apoyar su práctica profesional. Como conclusión se discuten las implicaciones éticas que los médicos deben considerar en el uso de redes sociales personales.

Esto puede ser vital importancia ya que como se demostró en el estudio Bauer <sup>104</sup> al involucrar a los pacientes en las redes sociales terapéuticas, después de una hospitalización psiquiátrica, puede reducir las tasas de recaída y extender las ganancias del tratamiento después del alta hospitalaria.

Dicho estudio examinó el curso de 186 pacientes después de la hospitalización. Luego del alta, la mitad de estos pacientes continuaron recibiendo sesiones de terapia por chat vía Internet, conducidas por el terapeuta semanalmente de 90 minutos en grupos de 8 a 10 personas. Después de un año, los que participaron en los grupos de terapia de Internet tenían menos de la mitad de probabilidades de experimentar una recaída en los síntomas (22% frente a 46%). Estas ganancias se incrementaron mediante el uso de grupos de terapia de chat vía Internet. Dichos estudios ofrecen un modelo de cómo los consumidores de salud mental **pueden acceder a formas accesibles y de bajo costo para continuar la atención y brindar a los proveedores de servicios de salud mental la oportunidad de brindar atención de calidad a distancia.** <sup>104</sup>

### Servicio de telemedicina

La telemedicina es una innovación basada en TI que tiene el potencial para apoyar y mejorar la atención de los pacientes y de los médicos, así como para mejorar la competitividad de las organizaciones de atención médica. El concepto de telemedicina surgió hace casi cuatro décadas, cuando se estaban llevando a cabo proyectos pioneros rudimentarios, impulsados

por búsquedas futuristas que se centraban principalmente en la evaluación del concepto o la evaluación de viabilidad. Sin embargo, la mayoría de los esfuerzos iniciales de telemedicina no cumplieron con las expectativas. Entre los problemas se detectaron infraestructura de TI naciente y en su mayoría primitiva y el uso ineficiente de la tecnología.<sup>105</sup> Contexto que ha cambiado radicalmente en la actualidad donde la tecnología avanzó sustancialmente y la cantidad de formas de conexión a través de distintos dispositivos ha aumentado de manera exponencial.

La telemedicina también puede ser definida como la práctica de la atención médica a través de computadoras, redes de comunicación, tecnología médica y el personal del área de la salud que se apoyan en estas herramientas para poder prestar servicios a pacientes remotamente. Entre estos servicios podemos encontrar: diagnóstico, consulta, tratamiento, educación sanitaria y transferencia de información médica a través de las comunicaciones audiovisuales.<sup>106</sup>

Con el desarrollo del IoT muchas personas en el mundo pueden estar conectadas a Internet a través de las redes de tecnología 3G, 4G y próximamente 5G. Esto ha reducido la brecha que existía respecto a poder asistir a pacientes remotamente. Distintos países han dado a conocer sus trabajos en Telemedicina utilizando IoT.

Un ejemplo visible se puede ver en la India, donde el cáncer se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública debido al aumento en la incidencia de la enfermedad en ese país. El tratamiento del cáncer ha sido un desafío para los proveedores de atención médica en todo el mundo. El cáncer ha sido objeto de mucha investigación y cada año se realizan nuevos descubrimientos que contribuyen al tratamiento de los pacientes. Los medicamentos más nuevos, las investigaciones más recientes y los últimos procedimientos para el tratamiento de la enfermedad han cambiado el pronóstico de la enfermedad en la actualidad. Sin embargo, miles de personas siguen sufriendo y teniendo muertes dolorosas cada año. Añadido a todo este caos es la incomodidad de que el paciente tenga consultas de seguimiento. El establecimiento de una red de oncología puede ser una solución eficaz

para proporcionar servicios de telemedicina en la detección del cáncer, el tratamiento, el seguimiento del paciente y la continuidad de la atención en hospitales remotos. La Telemedicina en oncología mediante tecnologías inalámbricas, les permite ofrecer atención sanitaria con expertos, ayudando a la prevención, detección precoz, cuidados paulatinos y rehabilitación en el tratamiento del cáncer remotamente en sitios de difícil acceso. <sup>107</sup>

*Tabla 4*

**Table 5: ONCONET usage statistics during April 2005 to March 2006**

| Name of the nodal centre in Kerala | Number of follow-up patients using ONCONET | Money saved by patients in USD |
|------------------------------------|--|--------------------------------|
| Kochi                              | 5859                                       | 102 681                        |
| Kannur                             | 2012                                       | 49 755                         |
| Palakkad                           | 159  | 2939                           |
| Kozhenchery                        | 112  | 700                            |
| Kollam                             | 299  | 187                            |
| <b>Total amount</b>                |  | <b>156 262</b>                 |

En la tabla se puede observar los costos ahorrados mediante la utilización de la plataforma ONCONET que es una solución integral de telemedicina, que ha establecido una red de oncología habilitada para el conocimiento que conecta el hospital de especialidades en RCC-T con hospitales remotos en varios lugares en Kerala (India). Que proporciona servicios de telemedicina en la detección precoz del cáncer, consultas de seguimiento, tratamiento, prevención del cáncer y teleeducación

Si extrapolamos esta reducción costos comprobada a los millones de personas en todo el mundo que sufren de cáncer el ahorro para todo el sistema de salud global sería muy significativo. Lo que denota la importancia de la implementación de los seguimientos a distancia, pensando una atención centrada en el hogar y no en centros hospitalarios.

#### 4. Capítulo IV – Negocios y Reducción de costos en el sistema de salud centrado en la aplicación de IoT.

##### El negocio de loHT

Según informe de Accenture Internet de las Cosas orientado a la Salud (Internet of Health Things (loHT)) ya está entregando ahorros de costos tangibles, pero la inversión continua es esencial. Para tener éxito en la economía digital, los proveedores de atención médica y los prestadores deben aprovechar al máximo loHT para hacer crecer sus negocios a largo plazo. Dispositivos conectados que usan esta tecnología están empezando a transformar la entrega de atención médica. Al introducir más conectividad, monitoreo remoto y recopilación de información, loHT puede fomentar un mejor uso de los recursos de atención médica, la toma de decisiones con más información, una reducción de ineficiencias y el empoderamiento de los consumidores de salud. Según las estimaciones, el valor de loHT superará los \$ 163 mil millones en 2020, con una Tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 38,1 por ciento entre 2015 y 2020.<sup>108</sup> Y en los próximos cinco años, se prevé que el sector sanitario ocupe el primer lugar en la parte superior de las 10 mayores industrias en desarrollar tecnologías Internet of Things.

Tomando como base las encuestas realizadas por Accenture con el apoyo McGuire Research en 2016 a 77 clientes de servicios de salud y a 77 proveedores de servicios de salud en los Estados Unidos. Donde las organizaciones incluidas se estima que tuvieron ingresos anuales de más de US \$ 50 millones. Dichas encuestas tenían como objetivo comprender la posición actual de los entrevistados con respecto al uso de las tecnologías de Internet of Health Things y descubrir qué inversiones estaban haciendo y dónde.

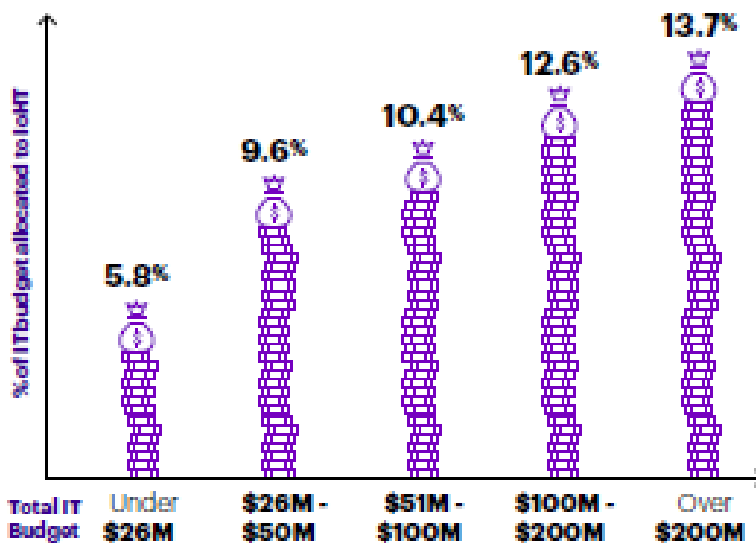
De los resultados surge que medida que crecen los presupuestos de TI, también lo hacen las inversiones de loHT y no son solo los departamentos de tecnología los que están invirtiendo en loHT. Mientras que el 57 por ciento de las organizaciones de salud encuestadas dicen que sus departamentos de TI lideran la carga de loHT, el 26 por ciento dice que sus divisiones de investigación y desarrollo lideran sus esfuerzos de loHT y una de cada diez organizaciones incluso tienen filiales o unidades de negocio dedicadas de loHT. En la actualidad, las organizaciones de atención médica destinan, en promedio, el 10 por ciento de sus presupuestos anuales de TI a inversiones para soluciones loHT; esta cantidad crece de manera incremental a medida que aumenta el tamaño de los presupuestos de TI en su conjunto.



Gráfico 5

## Internet of Health Things (IoHT) is a significant budget line item.

As IT budgets grow, so do IoHT investments.



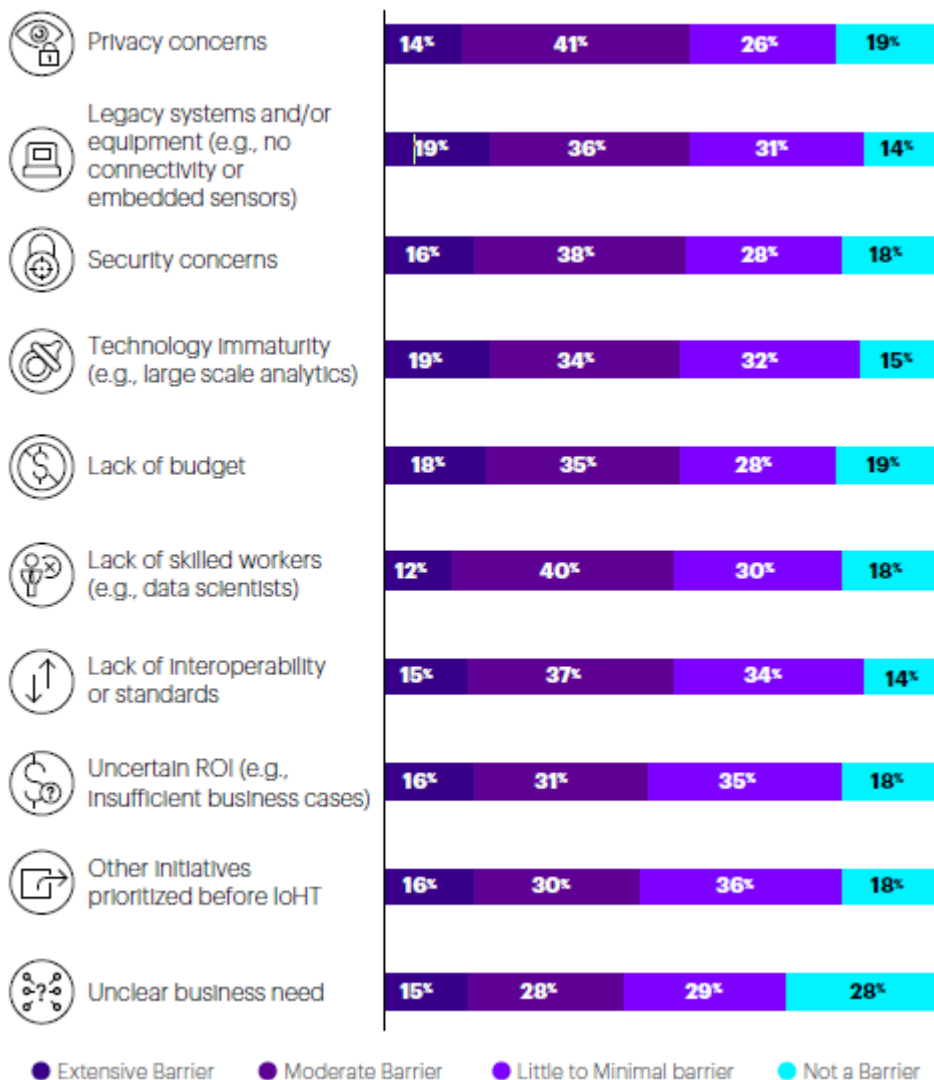
El valor que tienen las IoHT está siendo demostrado por los programas de ahorro de costos médicos u operativos, por las mejoras en la experiencia del consumidor y por el crecimiento de los ingresos a través de la atracción/retención de los consumidores.

También podemos decir que estas tecnologías son muy valoradas en tres áreas de negocios específicas como:

- 1) Monitoreo remoto del paciente (RPM)
- 2) Bienestar y prevención
- 3) Operaciones

Los ejecutivos de la salud encuestados citan una serie de barreras para la adopción de loHT, pero ninguna barrera se destaca significativamente. Los ejecutivos ven las dos barreras como obstáculos, por un lado la privacidad y por el otro la cantidad de sistemas ya desarrollados. Luego se destacan las siguientes barreras: preocupaciones de seguridad, inmadurez tecnológica y falta de presupuesto

Gráfico 6



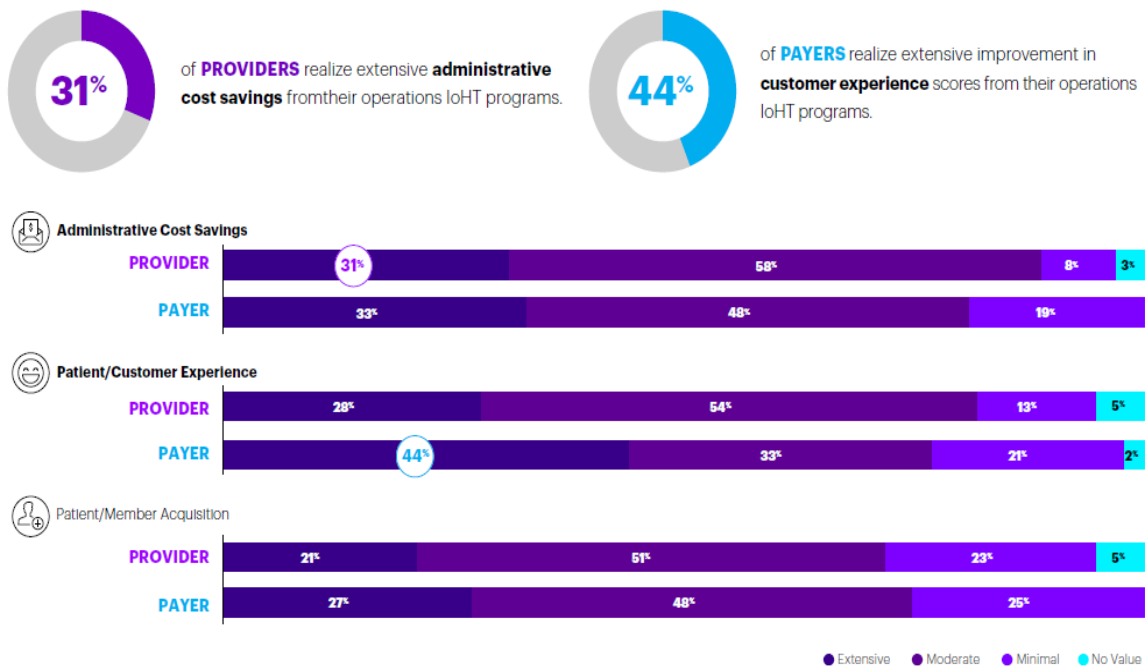
Pero superando las barreras descritas, se puede observar que los encuestados coinciden en que las loHT son una herramienta clave para la reducción de costos.

### Gráfico 7



To what extent are your operations loHT solution(s) driving value?

Figure 3c



Y la investigación concluye que a pesar de los desafíos con la seguridad y la privacidad, la inacción no es una opción. Hay jugadores fuera de las organizaciones sanitarias tradicionales que consideran aprovechar la oportunidad de ingresar al sector de la salud<sup>109</sup>.

Si los proveedores y los prestadores no invierten ahora, corren el riesgo de perder frente a jugadores no tradicionales. En el futuro, los proveedores y los prestadores deben identificar las partes del negocio en las que se pueden aplicar las soluciones loHT para hacer las cosas de manera diferente.

Como último punto importante concluye que los socios de tecnología e innovación pueden ayudar a probar rápidamente cómo loHT puede generar valor comercial para informar los requisitos de escalamiento futuros. Los socios de gestión de cambio y estrategia pueden ayudar a integrar estas nuevas tecnologías en su flujo de trabajo, cultura y capacitación.<sup>110</sup>

En el siguiente grafico se representan las distintas formas en como las empresas están utilizando IoT para el cuidado de la salud.<sup>111</sup>

*Gráfico 8*



## Posicionamiento de la industria IoT orientada a la salud

Como se define en el informe de "Internet de las cosas médicas: lo que los profesionales del marketing necesitan saber ahora", el "IoT" como un ecosistema de dispositivos y sensores conectados mediante internet (incluidos dispositivos móviles y dispositivos portátiles), microprocesadores, centros de datos, comunicación redes y programas de análisis. Que está marcando el comienzo de una nueva era en la que los datos se recopilan, comparten y analizan a la perfección.

A pesar de las numerosas restricciones regulatorias y de privacidad, las organizaciones dentro y fuera de la industria de la salud están explorando formas de poner en marcha el desarrollo de tecnologías IoT. Y se proyecta que para 2020 el valor del IoT orientado al cuidado de la salud superará los \$ 163 billones.<sup>111</sup>

Estos nuevos proveedores son fabricantes de productos farmacéuticos, hospitales, clínicas, médicos, enfermeras, aseguradores de salud, compañías de fitness y empresas de tecnología. Los objetivos principales son reducir costos, aumentar la eficiencia y mejorar la forma en que se diagnostican, tratan y previenen las enfermedades.

Al mismo tiempo, un número cada vez mayor de consumidores asumen mayor responsabilidad por su salud. Preparados para usar dispositivos de acondicionamiento físico y aplicaciones para teléfonos inteligentes, las personas se están sintiendo más cómodas con nuevos tipos de sensores que capturan y analizan sus datos médicos. Solo será cuestión de tiempo antes de que esta información se integre a la perfección en sistemas médicos más grandes para que su atención sea más precisa y eficiente.

Como se estimaba en 2015 las principales industrias para IoT se eran modificando y el cuidado de la salud ocupara los primeros lugares.

Tabla 5

**Current vs. Future Top 10 Industries for Internet of Things (IoT) App Development According to Software/App Developers in the US and Western Europe\*, Feb 2015**

| <b>Current</b>    | <b>In 3-5 years from now</b> |
|-------------------|------------------------------|
| 1. Smart home     | 1. Healthcare                |
| 2. Wearables      | 2. Smart city                |
| 3. Sports/fitness | 3. Automotive                |
| 4. Automotive     | 4. Retail                    |
| 5. Logistics      | 5. Smart home                |
| 6. Healthcare     | 6. Manufacturing             |
| 7. Manufacturing  | 7. Logistics                 |
| 8. Smart city     | 8. Public sector             |
| 9. Retail         | 9. Wearables                 |
| 10. Public sector | 10. Sports/fitness           |

Note: \*90% of respondents were from France, Germany, Netherlands, Sweden, UK and US  
Source: Progress, "State of IoT: 2015 Global Developer Study" conducted by Harbor Research, June 17, 2015

195663

www.eMarketer.com

Aunque el número de dispositivos IOT crece constantemente, muchos proyectos de atención médica con IOT todavía están en sus inicios. Muchas grandes e influyentes firmas tecnológicas, incluidas Apple, Samsung, Philips, IBM, General Electric y SAP, han ingresado al espacio de IoT de una manera importante y esperan que las cosas sucedan rápidamente. En los siguientes párrafos se desarrollará participación de algunas de estas empresas en el mercado de la salud e IoT

El resultado de esta evolución es que los hospitales y los sistemas de salud van a utilizar dispositivos IoT para hacer que sus instalaciones sean más eficientes. Las iniciativas incluyen el intercambio de registros para garantizar una atención de mayor calidad, el seguimiento del inventario de suministros médicos y la comunicación con el personal de campo. Y por otra parte muchas compañías farmacéuticas y fabricantes de dispositivos médicos ya están incorporando componentes IoT en sus operaciones de fabricación y distribución. También están explorando formas más estratégicas de aprovecharlo para mejorar sus productos durante la fase de investigación y desarrollo y en los ensayos clínicos.

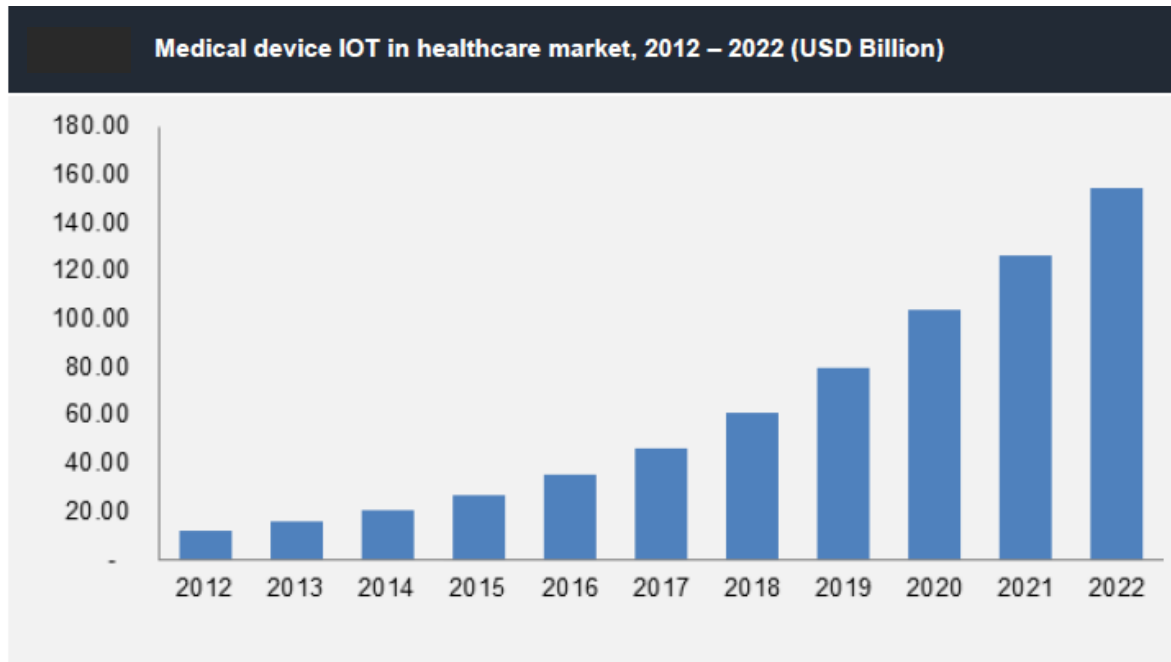
## Mercado Dispositivos Médicos con IoT

Con la introducción de Internet of Things para dispositivos médicos (IoT-MD), la supervisión continua y remota del registro de salud del paciente se ha convertido en una posibilidad ahora. El uso de varios dispositivos, una red de sensores y equipos de comunicación móvil por parte del sector de la salud están a punto de cambiar las dimensiones de esa industria. La creciente prevalencia de enfermedades crónicas y la demanda más estricta para reducir los costos de atención médica son algunos de los factores clave que están impulsando la necesidad de una tecnología tan revolucionaria en el cuidado de la salud.

Además, la creciente demanda de acceso a la visibilidad en tiempo real de la condición de salud del paciente, las actividades y los parámetros fisiológicos también se encuentran entre los factores que son responsables de impulsar el mercado de IoT-MD. Sin embargo, el aumento de la incidencia de la privacidad de datos es uno de los factores que se espera impida el crecimiento del mercado.<sup>112</sup>

Por otra parte, la creciente necesidad de servicios de salud conectados entre la población críticamente enferma, geriátrica y pediátrica, la reducción del costo de la atención, mejores resultados del tratamiento y el manejo de la enfermedad en tiempo real son algunos de los factores que se espera presenten un crecimiento exponencial en los próximos años como se puede observar en el siguiente gráfico:

Gráfico 9



Source: WHO, U.S. CDC, FDA, NIH Journals, Investor Presentations, Primary Interviews, Grand View Research

Grand View reserch<sup>113</sup>

Se espera que el mercado general IOT en salud alcance casi USD 409.9 mil millones para el año 2022. La introducción de dispositivos médicos conectados, la penetración de teléfonos inteligentes y el uso de la automatización de software para permitir pruebas en pacientes de manera más rápidas y precisa, permitirá que se expanda rápidamente el uso de estas tecnologías.

La creciente prevalencia de enfermedades crónicas como la insuficiencia cardíaca, la obesidad, la diabetes y la hipertensión están impulsando la demanda de dispositivos tecnológicos médicos. La nueva generación de dispositivos médicos conectados permite la supervisión del paciente en tiempo real y ayuda a los profesionales médicos a responder rápidamente a las necesidades del paciente. Por ejemplo, los monitores de signos vitales, los monitores de actividad, los monitores de seguridad y los monitores de medicación se



utilizan de forma rutinaria para el monitoreo de patentes y la administración de medicamentos.

La creciente población geriátrica y las necesidades médicas no satisfechas de atención médica domiciliaria y servicios de salud a largo plazo están impulsando el crecimiento de la telemedicina y el control remoto del paciente, y se espera que estos factores refuercen positivamente el mercado de la IOT en salud.

### Participación de las BigTech con IoT en la reducción de costo en salud

En los últimos años e incluso en los últimos meses, se han registrado una gran cantidad de anuncios por parte de las Big Tech enfocados a grandes inversiones en el cuidado de la salud. A continuación se desarrollan parte de los últimos desarrollos impulsados por estos proveedores:

#### **AMAZON**

Amazon se ha adentrado en el mundo de los productos farmacéuticos. Adquirió el minorista de farmacias en línea PillPack por aproximadamente \$ 1 mil millones de dólares. Hito que marca el interés de la empresa por ingresar al negocio de la salud. También ha establecido una asociación importante con JP Morgan y Berkshire Hathaway, con el objetivo de encontrar formas de reducir los costos de atención médica para los empleados y mejorar la satisfacción del paciente. Las compañías anunciaron al Dr. Atul Gawande como CEO de su nueva compañía de salud, quien fue citado diciendo que le gustaría "sacar a algunos de los intermediarios del sistema de salud"<sup>114</sup>.

El programa de Amazon inicialmente tiene como objetivo ayudar a mejorar la experiencia de atención médica para sus propios empleados, pero espera encontrar formas de mejorar la atención médica en todo el país. Se está probando Amazon Echo, un asistente virtual inteligente (que es considerando como parte del sistema IoT) en más de 20 millones de

hogares, para ayudar a los pacientes a controlar afecciones como la diabetes<sup>115</sup> y se ha probado su uso en hospitales y clínicas<sup>116</sup>, con la creación de listas de verificación para cirujanos, por ejemplo.

## **APPLE**

Apple tiende a centrarse en los productos de consumo como Apple Watch que ya funciona como un asistente virtual de atención médica, lo que permite a los usuarios rastrear la actividad física y los hábitos de sueño. El Apple Watch también se puede usar para rastrear ritmos cardíacos a fin de controlar algunas afecciones crónicas. Apple también proporciona una plataforma para la investigación médica<sup>117</sup>, el Apple ResearchKit, que permite a los desarrolladores de aplicaciones lanzar estudios de investigación generalizados a través de Apple Watch y otros accesorios.

Apple también tiene como objetivo brindar a los hospitales y médicos la capacidad de comunicarse mejor con los pacientes y almacenar registros de salud para facilitar el acceso. Apple Health Records se lanzó recientemente entre 39 hospitales.<sup>118</sup>

Continuando con el concepto de atención de la salud CENTRADO EN EL HOGAR que se desarrolló anteriormente en este trabajo las aplicaciones de iOS de Apple permiten a los pacientes mantenerse conectados con sus equipos de atención durante las consultas. Las organizaciones de atención médica pueden usar aplicaciones comerciales o usar CareKit<sup>119</sup> para crear aplicaciones que les permitan a los pacientes administrar su salud. iPhone, Apple Watch, la aplicación Health y las aplicaciones y dispositivos médicos habilitados para HealthKit les facilitan a los pacientes registrar sus datos de salud y compartirlos con sus equipos de atención.

## **Alphabet (Google)**

De 2013 a 2017, la empresa matriz de Google, Alphabet, presentó 186 patentes relacionadas con la atención médica.<sup>120</sup>

Alphabet recientemente adquirió Senosis Health<sup>121</sup>, un desarrollador de aplicaciones enfocado en el uso de sensores de teléfonos inteligentes como dispositivos de monitoreo. En gran parte centrado en los datos, Alphabet ha respaldado docenas de empresas de la salud desde varios ángulos, apareciendo para perseguir cualquier posible proyecto para consolidar su estado como un importante inversor de la salud. Por ejemplo, la unidad de investigación de Alphabet, “Verily Life Sciences”, tiene una variedad de estudios en el campo, que van desde la telemedicina a una iniciativa que libera buenos mosquitos en el medio ambiente para ayudar a eliminar la enfermedad<sup>122</sup>.

Además de Alphabet en los últimos 4 años, Microsoft presentó 73 patentes médicas mientras que Apple presentó 54. La empresa de viajes compartidos Uber lanzó Uber Health<sup>123</sup> para permitir que las organizaciones de salud puedan reservar fácilmente viajes para pacientes y clientes. Y el dispositivo de realidad virtual de Facebook, Oculus, se ha utilizado en hospitales para simular emergencias pediátricas como capacitación para médicos y estudiantes de medicina.<sup>124</sup>. De hecho, se ha proyectado que el papel de Facebook en la asistencia sanitaria se amplíe, especialmente con respecto a los datos de los pacientes, aunque no se han publicado planes.

Según un nuevo informe de MarketResearch.com, el segmento del mercado del cuidado de la salud basado en Internet de las cosas está por alcanzar los \$ 117 mil millones en 2020. Dependiendo de la compañía que hable de él, escuchará diferentes términos: Internet de las cosas (abreviado IoT por muchas compañías), Internet of Everything (Cisco) o Industrial Internet (GE). Pero el mercado combinado de IoT sumará más de \$ 117 mil millones<sup>125</sup>.

## **IBM**

Dentro de la variedad de productos que ofrece IBM reubicado con la tecnología y el cuidado de la salud especialmente Watson for Oncology ayuda a los médicos a identificar

rápida la información clave en el registro médico del paciente, evidencia relevante de la superficie y explorar opciones de tratamiento. La cantidad de información disponible para informar las decisiones sobre el cuidado del cáncer está creciendo exponencialmente. Sin embargo, el tiempo necesario para consumir esta información, es decir, la localización de conocimientos específicos para las necesidades únicas de cada paciente para potencialmente mejorar los resultados del tratamiento, es más limitado que nunca.<sup>126</sup>

IBM Watson Health y varias organizaciones colaboradoras informaron en el transcurso de la reunión anual de la Sociedad Estadounidense de Oncología Clínica, ASCO 2017,<sup>127</sup> que tuvo lugar los pasados 2 al 6 de junio 2017, de 5 estudios nuevos sobre la eficacia clínica de Watson for Oncology, entrenado por el Memorial Sloan Kettering de Nueva York.

Además IBM dio a conocer nueve nuevos hospitales e instituciones sanitarias que han adoptado Watson for Oncology. Y hay que considerar que ya se encuentra presente o en fase de implementación, en decenas de hospitales y organizaciones sanitarias de Estados Unidos, México, Brasil, India, China, Tailandia, Corea del Sur, Taiwán, Bangladés, Australia y Eslovaquia.<sup>128</sup>

Resumiendo los resultados arrojados en la conferencia fueron que:

- Watson for Clinical Trials Matching (CTM) reduce en un 78% el tiempo necesario para evaluar la idoneidad de un paciente para un ensayo médico<sup>129</sup>
- Watson for Oncology logró un índice de concordancia del 96% en los casos de cáncer de pulmón, del 81% en los de colon y del 93% en los de recto con las recomendaciones de una comisión multidisciplinar de tumores según estudio realizado en India.<sup>130</sup>

- Watson for Oncology obtuvo un índice de concordancia del 83% en múltiples tipos de cáncer con las recomendaciones realizadas por oncólogos en un estudio del Internacional Bumrungrad International Hospital, un centro multiespecialista de Bangkok (Tailandia).<sup>131</sup>
- En casos de cáncer de colon de alto riesgo, Watson for Oncology consiguió un índice de concordancia del 73% con la comisión de tumores del Gachon University Gil Medical Centre en Incheon (Corea del Sur).<sup>132</sup>

En la edición del 8 de mayo de 2017 de Closing Bell en CNBC<sup>133</sup>, el capitalista de riesgo Chamath Palihapitiya, fundador y CEO de Social Capital, creó un gran revuelo cuando se enfrentó a IBM Watson, la plataforma de inteligencia artificial de Big Blue. "Watson es una broma, solo para ser completamente honesto", dijo Palihapitiya

IBM rápidamente contestó que "Watson no es un artilugio de consumo, sino una plataforma de IA para negocios reales. Watson está en uso clínico en los EEUU y en otros 5 países. Ha sido entrenado en 6 tipos de cáncer con planes de agregar 8 más este año ", dijo IBM a CNBC. "Más allá de la oncología, Watson está siendo utilizada por casi la mitad de las 25 principales compañías de ciencias de la vida, **los principales fabricantes de aplicaciones IoT**, firmas de servicios financieros y minoristas y socios como GM, H & R Block y Salesforce.com. Y finalizó la declaración consultando "¿Alguna persona considera que salvar vidas, mejorar el servicio al cliente e impulsar la innovación empresarial es una broma?"<sup>134</sup>

Por otra parte en el Cumbre de Ingeniería Continua de IBM 2017 en Nueva Orleans<sup>135</sup>, se expuso que pocos sectores empresariales tienen más para ganar, o perder, que los desarrollos tecnológicos en la atención médica. Es por eso que muchas organizaciones de atención médica se encuentran a la vanguardia de las posibilidades que pueden proporcionar las soluciones habilitadas para Watson IoT.

Por otra parte Hendl gerente de la empresa Kaiser <sup>136</sup> (aseguradora y proveedora de atención médica de 11,8 millones de miembros) dijo: “La misión de Kaiser de asegurarse de que nuestra gente se ocupe de usted y su familia no ha cambiado, pero sus métodos sí lo han hecho”. Y también dijo “que estamos a 10-15 años de tener acceso a un dispositivo inyectable o ingerible que vive dentro del cuerpo”. <sup>137</sup>

### Reducción de costo por control remoto de la salud

Como se mencionó anteriormente, el monitoreo remoto de la salud es el principal caso de uso de IoT en Healthcare (IoHT). En otras palabras: el principal caso de uso de hoy desde una perspectiva de gasto fuera de lo que está en el entorno de un hospital u otro centro de atención médica. Hay un cambio general de la atención saliendo de la atención en hospitales o entornos de atención de emergencia a entornos privados, como el hogar del paciente, siempre que sea posible.

Por una cuestión de costos, se trata de lograr que el paciente regrese a su 'entorno normal' y así reducir la carga de trabajo de los trabajadores de la salud que en muchos países y en muchos períodos simplemente no pueden hacer frente a la demanda. En algunos países, la falta de fondos y la escasez de trabajadores de la salud es un desastre anual recurrente. La monitorización remota de la salud, que obviamente es posible gracias a tecnologías IOT, ayuda parcialmente a resolver el seguimiento de enfermedades crónicas debido al envejecimiento de la población, como también ayuda a los pacientes que viven en áreas remotas. <sup>138</sup>

Existe una amplia gama de wearables (especializados) y biosensores, junto con otros dispositivos médicos, que permiten el monitoreo remoto de la salud. La supervisión remota de la salud también ofrece la posibilidad de detectar patrones, aprovechando los datos provenientes de estos dispositivos portátiles y otros dispositivos. Esto permite nuevos

conocimientos y visualizaciones de patrones a medida que la combinación de grandes volúmenes de datos se analiza. Se espera que el mercado global de salud inteligente alcance los \$ 169,30 billones en 2020 con un papel destacado para el monitoreo remoto <sup>139</sup>

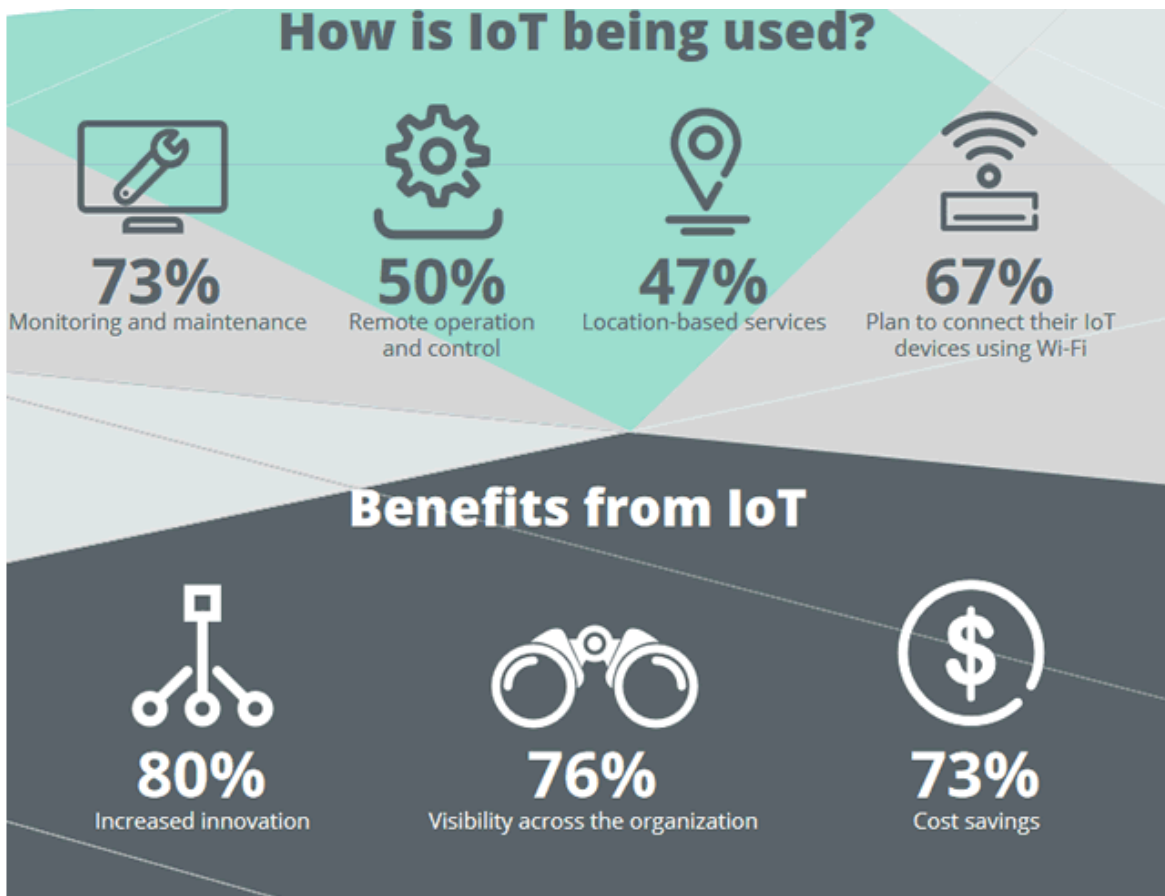
Incluso en las economías avanzadas con registros de salud electrónicos, los médicos solo tienen la información del paciente que pueden reunir en las visitas al consultorio, en las pruebas o en el caso de algunas afecciones crónicas, en el auto-informe de los pacientes. Las lecturas esporádicas limitan la capacidad de promover la adherencia del paciente (tomar los medicamentos en los horarios correctos y en la dosis adecuada) y fomentar cambios en el estilo de vida (ajuste de la dieta y los regímenes de ejercicio). La falta de adherencia al tratamiento y los cambios en el estilo de vida, es una fuente importante de complicaciones y costos más altos. El no tomar los medicamentos adecuadamente, puede triplicar los costos de tratamiento de un paciente con enfermedad crónica cuando el incumplimiento conduce a visitas a la sala de emergencias, reingresos y nuevas complicaciones de la enfermedad<sup>140</sup>.

Si analizamos la encuesta realizada por Aruba una empresa de HP <sup>141</sup> en noviembre y diciembre de 2016 en la cual se entrevistó a un total de 3,100 ejecutivos responsables de la toma de decisiones de TI y de sectores comerciales. Donde los encuestados pertenecían a organizaciones de al menos 500 empleados, pertenecientes a sectores públicos y privados, pero con un enfoque industrial, gubernamental, minorista, de atención médica, educación, construcción, finanzas y tecnología / telecomunicaciones. Estas entrevistas se llevaron a cabo tanto en línea como por teléfono utilizando un riguroso proceso de selección de múltiples niveles para garantizar que solo los candidatos adecuados tuvieran la oportunidad de participar. Los encuestados fueron entrevistados en el Reino Unido, Italia, Alemania, Francia, Países Bajos, España, Suecia, Noruega, Turquía, Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, EE. UU., Singapur, Japón, Australia, India, Brasil, México, China y Corea del Sur.

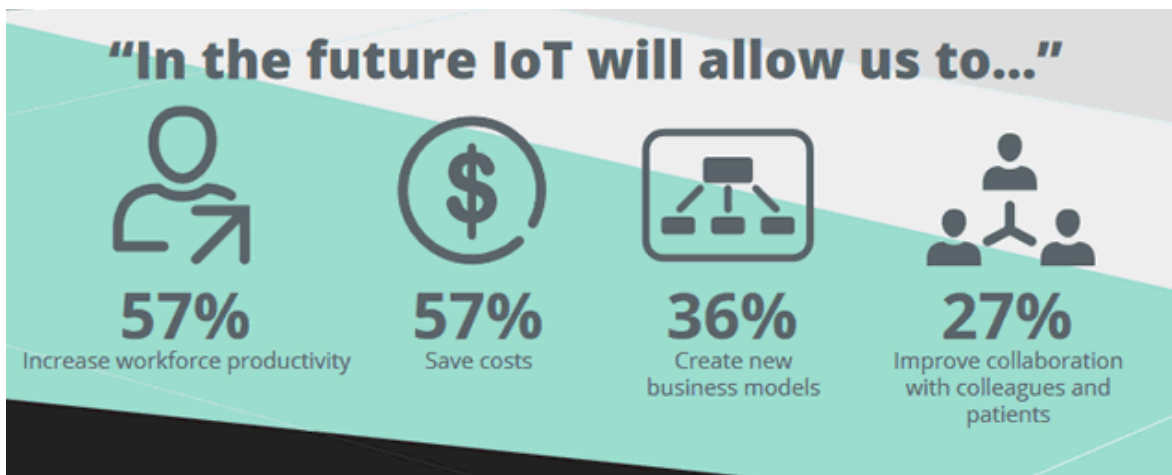
Donde dichas encuestas concluyen que de todas las industrias, el healthcare es la 3ra industria con más implementaciones de IoT donde el 60% de las organizaciones de atención médica han introducido dispositivos IoT en sus instalaciones. Podemos verificar la importancia de los dispositivos IoT en el sector.

Y considerando que en todo el sector, el 42% de los ejecutivos clasifica el monitoreo y el mantenimiento como el uso número uno de IoT, el más alto de todos los demás sectores. Esto subraya la importancia de la monitorización del paciente con IoT en la industria sanitaria moderna. Teniendo en cuenta también que ocho de cada diez encuestados destacan un aumento en la innovación, al cual se suma que el 73% de los encuestados del sector reportan ahorros en los costos.<sup>142</sup> Como se detalla en la siguiente ilustración:

*Ilustración 25*





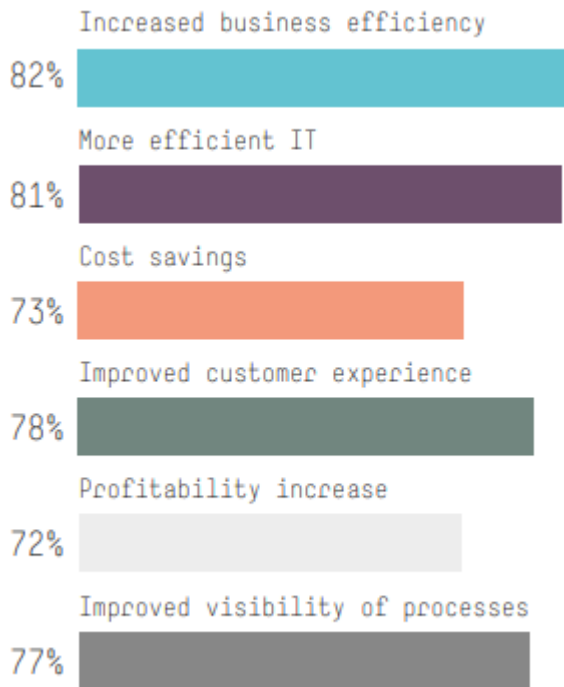


Por otro parte seis de cada diez organizaciones de atención médica ya utilizan IoT, con monitores de pacientes (64 por ciento) y dispositivos de rayos X / imágenes (41 por ciento) entre los principales dispositivos conectados a la red. El mayor beneficio de IoT para las compañías de atención médica proviene del uso de sensores para monitorear y mantener dispositivos médicos (el 35 por ciento lo cita como el principal beneficio). Pero con la creciente presión sobre las infraestructuras y recursos de salud, la eficiencia es primordial. Tal vez esta es la razón por la cual el 22 por ciento de los encuestados dieron su caso número uno de uso de IoT como 'rastreo remoto de activos por ubicación'.

Ambas aplicaciones están demostrando ser cruciales para el resultado final, ya que el 73 por ciento de los encuestados declararon ahorros de costos como resultado de la implementación de tecnologías IoT. Y con más recursos ahorrados, también aumenta el potencial para crear nuevos servicios, un hecho confirmado por ocho de cada diez (80 por ciento) de los líderes de atención médica que informaron un aumento en la innovación desde el uso de IoT.<sup>143</sup>

Y con respecto a las áreas donde IoT están ayudando a transformar surge que el 73% de los encuestados entiende que son clave para la reducción de costos entre otros beneficios. Como se destaca entre los aspectos representados en el siguiente gráfico:

Gráfico 10



Asesores de salud digital y la importancia de la atención fuera del centro hospitalario.

Una vez que se ha construido un almacén de datos a partir de muchas fuentes diferentes como: datos de EHR, datos de pagador, datos de dispositivo e IoT, respuestas de encuestas de pacientes, datos de salud del consumidor y se ha integrado en una estructura de datos unificada, la IA (inteligencia artificial) puede proporcionar información muy valiosa. Después de todo, IA se trata de la comparación de un patrón particular de datos alrededor de un individuo dado con patrones similares (no necesariamente idénticos) que se encuentran en otros lugares, y hacer recomendaciones predictivas basadas en lo que sucedió en esas otras situaciones.

Esto es mucho lo que los médicos hacen cuando ejercen un "juicio clínico", identificando un patrón, teniendo en cuenta los problemas médicos, los medicamentos, los valores del laboratorio y los antecedentes personales/familiares; comparándolo con patrones similares de la experiencia del médico. Con lo cual se puede capacitar a una nueva generación de "Asesores de salud" o Asesores de salud digital para hacer que estas recomendaciones derivadas de la IA sean útiles. <sup>144</sup>. Ya que pueden empoderar a los consumidores / pacientes y reducir la carga de demanda para los médicos. Pero en el informe se preguntan "¿Reemplazarán a los médicos? No claro que no. Pero ayudarán a filtrar la demanda a aquellos que realmente necesitan ser vistos, mientras les da a los pacientes una guía en tiempo real, creíble y personalizado para las cosas más comunes en la vida cotidiana"<sup>145</sup>.

Por otra parte las política de cómo pagamos la atención médica necesita alentar el autocuidado y facilitar comportamientos saludables, en lugar de alentar las visitas médicas en el consultorio. Y, al mismo tiempo, los datos de salud deben reorganizarse para potenciar la IA e impulsar el surgimiento de nuevas aplicaciones. Se estima que pasará un tiempo antes de que lleguemos allí, pero podemos ver el camino hacia esa nueva generación de tecnología sanitaria.

Los dispositivos y aplicaciones digitales están transformando radicalmente la atención médica al permitir que los proveedores monitoreen a los pacientes de forma remota y al mismo tiempo empoderar a los consumidores para que se cuiden mejor a sí mismos a través de aplicaciones móviles y dispositivos portátiles relacionados con la salud.

Sin embargo, las tecnologías respectivas para consumidores y médicos de salud han avanzado a lo largo de pistas paralelas, con poco cruce. Los médicos confían en dispositivos de tele-salud basados en el hogar para monitorear las condiciones del paciente y controlar las enfermedades crónicas, mientras que los dispositivos portátiles y las aplicaciones

móviles brindan a los usuarios información más básica sobre los signos vitales y los niveles de actividad.

En el artículo publicado por The Commonwealth Fund, los Dres. Eric C. Schneider, Onil Bhattacharyya y David Blumenthal describen un escenario en el que un paciente describe o toma una fotografía de la condición de su piel para que un asesor de salud digital (DHA) la evalúe. Utilizando las bases de datos médicas, así como los registros electrónicos de salud y de consumo en la farmacia, el DHA "puede decirle al paciente que es posible que un medicamento que comenzó a tomar recientemente sea la causa de su erupción". Después de indicarle al paciente a dejar de tomar el medicamento que está causando el sarpullido y esté atento a otros síntomas, el DHA "notifica a la oficina del médico que recetó el medicamento, que llame al paciente lo antes posible para recomendar un medicamento diferente".

En lugar de reemplazar el sistema de salud, los DHA podrían funcionar dentro de él, utilizando tecnología digital e interoperabilidad para mejorar la eficiencia y alentar a las personas a tomar un rol más significativo en el cuidado de su salud personal. Además, como describe el artículo, "al informar a los usuarios sobre las opciones de seguro de salud, los proveedores locales disponibles y los precios de los servicios, el DHA también podría ayudar a las personas a seleccionar el plan de salud más apropiado, programar visitas, comprar medicamentos o pruebas de laboratorio menos costosas. Organizar los servicios de atención domiciliaria y administrar los deducibles".<sup>146</sup>

### [Beneficios para consumidores y proveedores en base a los asesores digitales](#)

A medida que la industria de la salud pasa a una atención basada en "costos", los consumidores asumen más responsabilidad y toman más decisiones. Si bien esto puede ser fortalecedor, los consumidores están comprando a los proveedores que ofrecen mejores precios y exigiendo mejores servicios. Tener un DHA para ayudar a los consumidores a

navegar por el cambiante sistema de salud conduciría a una mejor administración de la salud. Un DHA también podría servir como el enlace crucial para mantener a los consumidores conectados al sistema de salud. Esto es especialmente importante para los ancianos y los pacientes con enfermedades crónicas, que son los más caros de administrar y tratar.

Los asesores de salud digitales también beneficiarían a los proveedores al agilizar la administración de citas y otros procesos relacionados con los pacientes, como agregar información a los registros de salud. Dado que la monetización y los modelos de ingresos radicalmente cambiantes ejercen una enorme presión sobre los proveedores para que administren los costos, los ahorros generados por el uso generalizado de DHA podrían ser sustanciales.<sup>147</sup>

Aunque persisten los desafíos de interoperabilidad las tecnologías requeridas para los DHA ya están en uso. Según el artículo, "las empresas digitales orientadas al consumidor también pueden quedar sorprendidas ante las demandas de los reguladores de la atención médica, como la Administración de Alimentos y Medicamentos, o las condiciones de participación establecidas por los proveedores que facturan a Medicare<sup>148</sup>, Medicaid<sup>149</sup> u otros proveedores". Si bien las divisiones culturales pueden ser persistentes, los requisitos de un sistema de atención de la salud centrado en el consumidor exigen enfoques y modelos innovadores.

Para fomentar servicios efectivos de DHA también se requerirá nuevas normas que rijan la privacidad, la seguridad y la "interoperabilidad" de los datos de salud. Donde sí se generara un aumento en la estandarización de la información, facilitando que las instituciones intercambien datos electrónicos de salud entre sí, se lograría un profundo avance.

Actualmente, el uso de registros de salud requiere el consentimiento de un individuo. Pero los autores de los protocolos de consentimiento de atención médica, escritos hace décadas, no previeron el volumen, la amplitud y complejidad de los datos digitales. Tampoco

preveían la posibilidad de solicitudes automatizadas de programas informáticos que actúen en nombre del paciente u otras cuestiones relacionadas con la autenticación de la identidad, los derechos y las responsabilidades de los datos.<sup>150</sup>

### Reducción de costo evitando IAAS por atención centrada en el hogar

Las IAAS, también denominadas infecciones «nosocomiales» u «hospitalarias», son infecciones contraídas por un paciente durante su tratamiento en un hospital u otro centro sanitario, que dicho paciente no tenía ni estaba incubando en el momento de su ingreso. Las mismas pueden afectar a pacientes en cualquier tipo de entorno en el que reciban atención sanitaria, y pueden aparecer también después de que el paciente es dado de alta. Y también incluyen las infecciones ocupacionales contraídas por el personal sanitario.

Las IAAS son el evento adverso más frecuente durante la prestación de atención sanitaria, y ninguna institución ni país puede afirmar que ha resuelto este problema. Según los datos de varios países, se calcula que cada año cientos de millones de pacientes de todo el mundo se ven afectados por IAAS. La carga de IAAS es varias veces superior en los países de ingresos bajos que en los países de ingresos altos.<sup>151</sup>

Las infecciones asociadas a la atención de la salud (IAAS) son un problema de salud pública importante debido a la frecuencia con que se producen, la morbilidad y mortalidad que provocan y la carga que imponen a los pacientes, al personal sanitario y a los sistemas de salud. Según encuestas recientes de prevalencia de IAAS y datos de los programas de seguimiento de la bacteriemia hospitalaria de varios países europeos, se estima que estas infecciones afectan, en promedio, a 1 de cada 20 pacientes hospitalizados, lo que corresponde a un total anual de 4,1 millones de pacientes; de los cuales se estima que unos 37.000 pacientes fallecen cada año en la Unión Europea.<sup>152</sup>

Con frecuencia, las IAAS son difíciles de tratar porque son causadas por microorganismos resistentes a los antibióticos.<sup>153</sup> En la Región de las Américas, los datos de Canadá indican que se contraen unas 220.000 infecciones hospitalarias anuales, que dan lugar a 8.000 muertes relacionadas con esa causa.<sup>154</sup> En los Estados Unidos, anualmente los costos médicos directos globales originados por las IAAS oscilan entre US\$ 28,4 mil y \$33,8 mil millones.

Por otra parte, la prevención reportaría un beneficio mínimo de entre \$5,7 mil y \$6,8 mil millones (20% de las infecciones prevenibles, IPC urbano) y máximo, de \$25,0 mil a \$31,5 mil millones (70% de infecciones prevenible (IPC para servicios de hospitalización)).<sup>155</sup> En América Latina, a pesar de que la infección hospitalaria es una causa importante de morbilidad y mortalidad, se desconoce la carga de enfermedad producida por estas infecciones. Los datos de que se dispone son de trabajos puntuales, que reflejan situaciones específicas de los servicios de salud o, en el mejor de los casos, de algunos países.

La experiencia en la Región muestra que en algunos países hay muy buena la vigilancia de las IAAS en los servicios de salud, pero no hay datos nacionales y otros países no realizan vigilancia estructurada de las IAAS en los servicios de salud ni en el nivel nacional. Esta diversidad de la información no permite evaluar el impacto de las acciones en la Región<sup>156</sup>

Por otra parte, las IAAS repercuten significativamente en los costos asistenciales. En los Estados Unidos, estos costos se estimaron en 4 mil millones (US\$ de 1985) y en el Reino Unido, en UK£ 900 millones por año, asociados con la estancia hospitalaria prolongada y los costos de tratamiento.<sup>157</sup> En América Latina, las IAAS generan un aumento importante de los costos de la atención médica. Por ejemplo, los costos de la atención en unidades de cuidados intensivos por concepto de día cama atribuibles a infecciones nosocomiales en diversos nosocomios de la Región se estimaron en \$1.233.751 y \$1.741.872 en dos hospitales de Argentina (2006); \$40.500, \$51.678 y \$147.600 en tres hospitales diferentes

de Ecuador (2006); \$1.090.255 en un hospital de Guatemala (2005); \$443.300 en un hospital de Paraguay (2006), y \$607.200 en un hospital de Uruguay (2005), para el año indicado entre paréntesis.<sup>158</sup>

Debemos tener en cuenta que las IASS se ocasionan durante la estancia hospitalaria, en donde se puede ver afectado el paciente, los trabajadores de salud y los familiares, porque con salas de espera llenas de personas, las visitas entran a ver al paciente hospitalizado y salen a seguir esperando; es en este tránsito que ocurre el intercambio de enfermedades en la sala de espera y los pacientes pueden verse afectados con nuevas patologías adquiridas.<sup>159</sup>

**Minimizar la presencia de visitantes y pacientes en los hospitales, al mínimo imprescindible, extendiendo la asistencia médica al domicilio del enfermo, puede permitir evitar o reducir el contagio con otros enfermos, visitantes, o puntos de infección nosocomial, siempre que, las características del paciente, el tipo de intervención, pronóstico y condiciones de su domicilio lo permitan.** También puede requerir la visita ocasional del paciente a su centro de salud, o la colaboración de un familiar o sanitario particular, en el hogar.<sup>160</sup>

Por otra parte algunos estudios también remarcan los desafíos de la atención centrada en el hogar ya que el control de infecciones en entornos de atención domiciliaria plantea los siguientes desafíos: 1) Pocas compañías de atención domiciliaria tienen personal dedicado para el control de infecciones. 2) No se han acordado definiciones uniformes de infección o protocolos para la vigilancia de infecciones. 3) A menudo, el cuidado de la salud en el hogar no se controla e incluso puede ser provisto por miembros de la familia. 4) Los calendarios de reembolso de la Administración de Financiamiento de la Atención de la Salud determinan en gran medida las políticas sobre la frecuencia de las visitas de atención médica a domicilio.<sup>161</sup>



## 5. Conclusiones

Como se desarrolla en el trabajo, nos encontramos en un punto de quiebre donde por ejemplo se espera que para el año 2020 la esperanza de vida de un hombre al nacer en la Ciudad de Buenos Aires es de más de 76 años y la de una mujer es de más de 82 años<sup>162</sup>. Y donde La OMS (organización mundial de la salud) en 2015 comprobó que hay 29 países en el mundo que superan los 80 años de esperanza media de vida, y que existen al menos 12 de ellos que alcanzan los 82. Entre las naciones más longevas se encuentran Japón, Suiza, Singapur, Australia, España, Italia, Islandia, Israel, Francia, Suecia, Corea del Sur y Canadá. Esta situación genera una necesidad de aumentar la capacidad hospitalaria y de seguimiento médico asistencial de estas personas que demandarán mayor atención. Sumado a esto el alto costo de la atención hospitalaria hace que el sistema no pueda hacer frente a la demanda. Aunque por otro lado, hay 22 países en los que sus habitantes no superan la media de los 60 años, todos ellos en África subsahariana.

Teniendo en cuenta que por ejemplo Argentina dispone solo de 3,6 médicos y 3,2 camas hospitalarias por cada 10.000 habitantes, es vital la necesidad de poder contar con modelos de atención a distancia centrada en el hogar, como la telemedicina, basados en la información que puede generar distintos sensores IoT. <sup>163</sup>

También se comprobó que en el primer nivel de atención, los sistemas tienen escasa capacidad resolutoria y no responden a los perfiles de salud que, en toda la Región, con diferentes ritmos, han surgido por la transición demográfica y epidemiológica. Según datos disponibles, hay un sub-registro cercano a 50% de personas con enfermedades crónicas no transmisibles. Del 50% restante, solo la mitad recibe tratamiento, que a su vez solo es eficaz en uno de cada 10 casos.<sup>164</sup> Hay una alta tasa de hospitalizaciones por condiciones susceptibles de atención ambulatoria, lo cual refleja la baja capacidad de respuesta del primer nivel de atención y la ineficiencia de los sistemas. Situación que puede ser reversible

si centrados en tecnologías IoT con frameworks de atención médica, estos tratamientos se podrían realizar de manera ambulatoria.

En la actualidad el gobierno y las compañías aseguradoras han puesto obstáculos a la hora de pagar por algunos de estos dispositivos. Tomando como ejemplo Estados Unidos como explicó Majd Alwan, director ejecutivo de la organización sin fines de lucro Leading Age Center for Aging Services Technologies (Centro Líder de la Tercera Edad para las Tecnologías aplicadas a los Servicios en la Vejez). *“En Estados Unidos si bien Medicaid quizá reembolse los gastos de algunas tecnologías para envejecer en el hogar, Medicare, desafortunadamente, no lo hace”<sup>165</sup>*, donde Medicaid es un programa de seguro de salud para determinadas personas de bajos recursos.

Quedó demostrado también en el desarrollo del trabajo, que además de solucionar la capacidad de atención hospitalaria dentro de los centros de salud, es comprobable una reducción de costos al utilizar las tecnologías desarrolladas. Como quedó demostrado en las encuestas citadas donde el healthcare es la 3ra industria con más implementaciones de IoT donde el 60% de las organizaciones de atención médica han introducido dispositivos IoT en sus instalaciones y donde el 73 % consideran las IoT como claves para la reducción de costos.

Además se confirmó que la atención centrada en el hogar puede disminuir la tasa de contagios de infecciones hospitalarias, tanto para las personas hospitalizadas como para aquellas personas del centro hospitalario que se encuentren al cuidado del enfermo o de visita. Esto evita la incursión de costos futuros por parte de la entidad hospitalaria al tener que tratar al paciente por una nueva enfermedad contraída dentro de la institución.

Todos los tratamientos de salud centrada en el hogar no podrán ser posibles sin el desarrollo de nuevas tecnologías y con el aumento de penetración de las conexiones tanto de banda ancha en hogar como de conexión en los dispositivos móviles, ya que estas son

fundamentales para que las distintas soluciones planteadas en el trabajo se puedan implementar. Ha habido un rápido crecimiento en servicios de banda ancha móvil. El número de suscripciones de banda ancha móvil en todo el mundo actualmente es de 50 por cada 100 habitantes, lo que permite un mejor acceso a Internet y servicios en línea. La introducción de nuevas tecnologías móviles está acelerando esta tendencia, con capacidades LTE o superiores ahora disponibles para la mayoría de los usuarios móviles. Ha habido un crecimiento más lento en el número de suscripciones de banda ancha fija en todo el mundo, aunque excede marginalmente al de las líneas telefónicas fijas.<sup>166</sup>

Si bien enfermedades de alta complejidad o de riesgo de muerte inminente deberán ser atendidas en centros hospitalarios tradicionales, que enfermedades crónicas de largos periodos de tratamiento puedan ser monitoreadas a distancia por el especialista, tendrá un impacto positivo en el paciente generándole una mejor calidad de vida y una mayor eficiencia al médico que podrá atender a una mayor cantidad de pacientes contando con toda la información disponible en una única plataforma y con un grado mayor de exactitud (basado en la gran cantidad de mediciones que pueden realizar los dispositivos IoT).

A dicho beneficio se suma la posibilidad de poder compartir esas mediciones de manera digital y anónima, velando por la privacidad del paciente, con otros especialistas generando grandes bases de datos con mediciones de pacientes con enfermedades similares. Lo cual apoyado por tecnologías de BigData e Inteligencia Artificial podrían lograr nuevos descubrimientos entorno a la mejora del tratamiento brindado como hasta la cura de una enfermedad.

Con la ayuda de los dispositivos IoT para las mediciones y conexión sumado a los avances en inteligencia artificial (IA), en un futuro se podría generar un cambio en el acceso a salud de calidad a distintos sectores que no tienen la posibilidad de acceder por ejemplo a un especialista en determinada enfermedad. Como se desarrolló, en la actualidad, ya se registran estudios donde maquinas pudieron predecir recomendaciones en un tratamiento

oncológico, con un 83% de exactitud en base al tratamiento brindado por un grupo de especialistas. Este factor podría mejorar la salud humana mundial ya que existen sectores donde no se encuentran especialistas disponibles para enfermedades complejas.

Por otra parte se vio reflejada la importancia del aporte que podrían realizar tecnologías IoT basadas en conexiones RFID, que permiten tanto al paciente como al médico llevar un control de los medicamentos que ingieren los pacientes, en qué orden y horario, denominado “cumplimiento terapéutico”. Esto ayudaría al paciente a no olvidar tomar su medicación ordenándole los medicamentos para evitar confusiones, enviando esta información al médico. Un hecho, que en principio podría parecer no tan crítico, podría traer aparejado:

- Dificultades en el seguimiento de una enfermedad, ya que los médicos o los enfermeros pueden creer que el paciente, a pesar de tomar los medicamentos o hacer una dieta, no logra tener la enfermedad bien controlada. Para controlarla, puede que se le receten otros medicamentos y así aumente la complejidad del tratamiento y, al mismo tiempo, el riesgo de aparición de efectos secundarios.
- Falta o disminución de la eficacia de las recomendaciones de los profesionales de la salud. Esto puede derivar en recaídas e incluso en **ingresos hospitalarios**.
- No tomar correctamente los medicamentos también puede provocar un aumento de la dependencia a estos, un aumento de la resistencia a antibióticos y antivirales o incluso accidentes.
- Aumento de costos, ya que el sistema sanitario (o el mismo paciente) está pagando unos medicamentos que en realidad no se toman, o que se toman de manera incorrecta.

Estas situaciones se producen en mayor proporción en adultos mayores, que es uno de los porcentajes de población en mayor crecimiento, en base a los aumentos esperanza de vida.

La participación de nuevos jugadores dentro del mundo de la salud, que no pertenecían a este sector, confirman la expansión de este fenómeno. Se pudo constatar en el trabajo una amplia participación en el mercado de la salud nuevos proveedores. Desde las denominadas Big Tech hasta la aplicación móvil de Walgreens una de las cadenas más grandes de farmacia de los Estados Unidos. Esta última sumó la función “Find Care Now” a su aplicación móvil que ayuda a conectar a los millones de clientes que se acercan a sus farmacias, a servicios de atención médica. La compañía está trabajando en estrecha colaboración con una lista de 17 proveedores, mejorando aún más el rol de “canal único”, como destino de atención médica cercana, conveniente y de confianza. Estos incluyen médicos o enfermeras practicantes en centros de atención urgente ubicados en las mismas farmacias de la cadena como médicos virtuales que ofrecen sus servicios a través de la aplicación, como conectarse con un médico por video conferencia, tomar una sesión remota con un terapeuta y hasta realizar una consulta con una dermatóloga.<sup>167</sup>

*Ilustración 26*



En un futuro se estima que el mercado general IOT en salud alcance casi USD 409.9 mil millones para el año 2022. Este mercado es necesario que se desarrolle con una fuerte participación tanto de las obras sociales, como los planes de salud privados y los planes de

salud estatales. Para ello es necesario que los distintos planes incluyan dentro de sus coberturas servicios de asistencias centrados en el hogar y soluciones remotas donde en principio los pacientes puedan optar por el tipo de servicio asistencial que prefieran, para lograr una mayor penetración de las tecnologías desarrolladas logrando que las mismas se expandan y se masifiquen. Así como la gran mayoría de soluciones tecnológicas al masificarse lograra aún más reducir los costos de implementación.

Para llegar a lograr conjuntamente un sistema de monitoreo y recolección de datos con un sistema de toma de decisiones inteligentes, además de integrar los sistemas de atención centradas en el hogar con tecnologías IoT, se deberán sumar las herramientas de IA. Donde una solución pueda monitorear el estado del paciente, transmitir la información al centro médico y mediante un algoritmo diagnosticar el estado del paciente. Luego deberá decidir si debe ser trasladado a un centro asistencial físico o puede ser atendido de manera remota, recetándole automáticamente la medicación que debe tomar, enviándosela a su domicilio, en un paquete inteligente que le indicara al paciente cuando debe tomarla y le informará al médico el correcto cumplimiento terapéutico. Como se desarrolló en el trabajo, si complementamos en un futuro los beneficios de las IoT con los avances de IA, además de mejorar la atención de enfermedades de riesgo bajo también se podrán implementar soluciones avanzadas donde se traten remotamente enfermedades de riesgo alto como cáncer. Podemos medir la importancia de llegar a ese estadio tomando como ejemplo que para finales de 2018, se estima que serán diagnosticados 1.735.350 casos nuevos de cáncer en Estados Unidos y 609.640 personas morirán por la enfermedad.

Teniendo en cuenta que los gastos nacionales dedicados a la atención del cáncer en Estados Unidos fueron USD 147,3 billones en 2017, según el National Center Institute y según la agencia internacional para la investigación del cáncer de la OMS, se espera que el número de casos nuevos de cáncer aumente a cerca de 23,6 millones para 2030, en todo el mundo.

Es fundamental que los próximos años nuevas tecnologías como los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales-2020 (IMT-2020), que son sistemas móviles

que incluyen nuevas interfaces de radio que respaldan las nuevas capacidades de los sistemas, se normen y se coloquen en producción. Ya que estas telecomunicaciones apuntan a ser más flexibles, confiables y seguras que las IMT anteriores al proporcionar diversos servicios en los tres escenarios de uso previstos, incluida la banda ancha móvil mejorada (eMBB), ultra confiable y de bajo comunicaciones de latencia (URLLC) y comunicaciones masivas de tipo de máquina (mMTC).

Esta tendencia se vio reflejada en la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones en la RESOLUCIÓN 85 (Buenos Aires, 2017).

Para la "Facilitación de la Internet de las cosas y las ciudades y comunidades inteligentes para el desarrollo mundial" donde considera que el desarrollo de las tecnologías de IoT favorecerá los sectores de las TIC y los que no son de las TIC, en particular la sanidad, la agricultura, el transporte y la energía. Y que encarga al Director de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones que apoye a los Estados Miembros de la UIT, en particular a los países en desarrollo, en la adopción de IoT mediante la creación de capacidades con las que desarrollar entornos e infraestructuras favorables y propiciar ecosistemas de innovación en el ámbito digital.

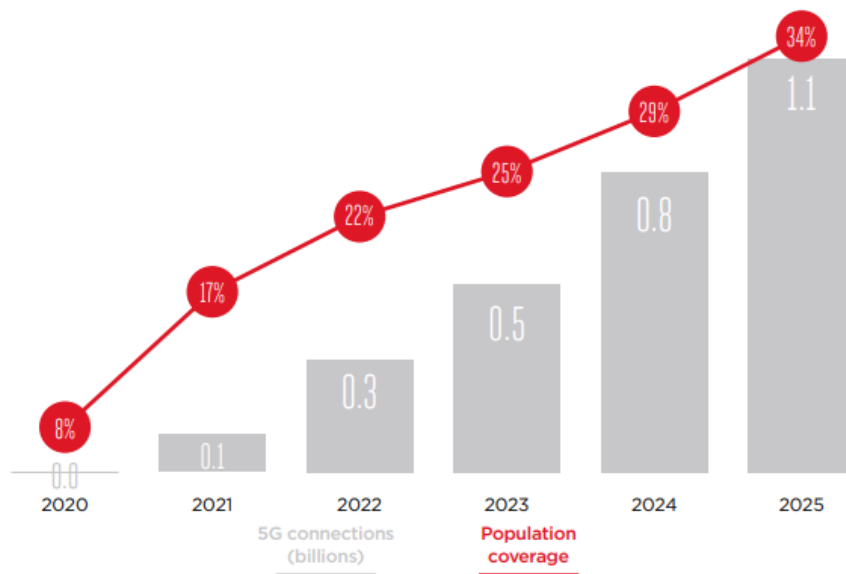
"La norma IMT-2020 está destinada a ser la red mundial de comunicación de los próximos decenios y estará en funcionamiento en 2020. La próxima etapa consiste en acordar las especificaciones detalladas de las IMT-2020, una norma que apuntalará las próximas generaciones de la banda ancha móvil y la conectividad IoT", declaró François Rancy, Director de la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT

Las IMT facilitan las nuevas tendencias de los dispositivos de comunicación, del automóvil conectado y los sistemas de transporte inteligentes a la realidad aumentada, la holografía y los dispositivos wearable, y son un elemento indispensable para atender necesidades sociales en materia de enseñanza móvil, salud conectada y telecomunicaciones de emergencia.

Para el año 2021, la habilitación amplia de 5G para casos de uso de IoT impulsará al 70% de las empresas G2000 a gastar \$ 1.2 billones en soluciones de administración de conectividad (IDC, 1 de noviembre de 2017). Se espera que el 5g tenga en el mundo 0,1 billones de conexiones para el año 2021 con un porcentaje de cobertura del 17 %, según la estadística de GSM “The 5G era Age of boundless connectivity and intelligent automation” del año 2017. Como se detallan en el siguiente gráfico.

*Gráfico 11*

Global 5G coverage and adoption



Otro punto importante en relación al avance del desarrollo del entramado de dispositivos IoT es el despliegue del IPv6 que facilita la implantación de soluciones de la Internet de las cosas (IoT), que requiere una enorme cantidad de direcciones IP. Ya que el direccionamiento IPv4 tiene una cantidad muy limitada de direcciones disponibles.

Por otra parte es necesario también una mayor penetración en el mercado de las tecnologías cloud lo cual permite una reducción de costo en la utilización de las mismas y mayor implementaciones de FOG computing (representado en la siguiente ilustración) que combinen las arquitecturas en la nube con arquitecturas intermedias que den mayor tiempo de respuesta y eficiencia como fueron desarrolladas en el trabajo. En una

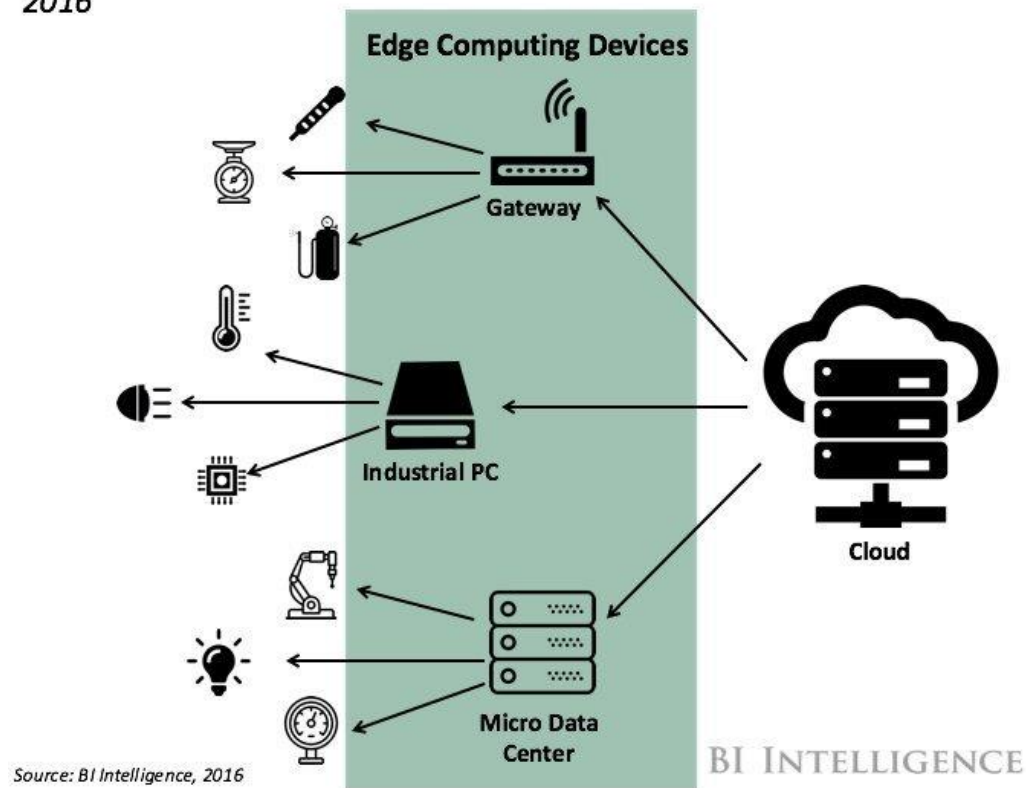


publicación de blog de octubre de 2017<sup>168</sup>, Rob van der Meulen, de Gartner, dijo que actualmente, alrededor del 10% de los datos generados por la empresa se crean y procesan fuera de un centro de datos o nube tradicional. Para 2022, Gartner predice que esta cifra alcanzará el 50 por ciento.

### Ilustración 27

## Edge Computing Model

2016



BI Intelligence, el servicio de investigación de Business Insider<sup>169</sup>, pronostica que 5,8 mil millones de dispositivos de IoT propiedad de empresas y gobiernos utilizarán la computación en la niebla (FOG) en 2020, frente a los 570 millones de dispositivos en 2015. Muchos dispositivos de IoT no tienen su propia capacidad de computación y FOG computing generalmente proporciona una mejor forma de recopilar y procesar datos de estos dispositivos que la nube.

El modelo de computación de borde (edge/fog) es especialmente adecuado para aplicaciones de IoT debido a varios beneficios clave, incluyendo análisis de datos casi en tiempo real, menores costos relacionados con las operaciones y administración de datos, reducción de los datos enviados a la nube (y, por lo tanto, redes menos restringidas), y la seguridad de que otros activos de TI permanecerán operativos incluso cuando un dispositivo no funcione correctamente.

Otro punto que impulsara el desarrollo de las tecnologías IoT en los próximos 5 años, son los “digital twin”. Un gemelo digital es una representación digital de una entidad o sistema del mundo real. En el contexto de IoT, los gemelos digitales están vinculados a objetos del mundo real y ofrecen información sobre el estado de las contrapartes, responden a los cambios, mejoran las operaciones y agregan valor. Con un estimado de 21 mil millones de sensores conectados y puntos finales para 2020, existirán mellizos digitales para miles de millones de cosas en el futuro cercano. Potencialmente miles de millones de dólares en ahorros en reparación y operación de mantenimiento (MRO) y rendimiento optimizado de los activos.<sup>170</sup> A corto plazo, los gemelos digitales ofrecen ayuda con la administración de activos, pero eventualmente ofrecerán valor en la eficiencia operativa y puntos de vista sobre cómo se usan los productos y cómo se pueden mejorar.

En un futuro cercano para aumentar el desarrollo de las tecnologías IOT y más aún todos los servicios referidos a la salud, deberán contar con avances en materia de legislación por parte de los estados, como por ejemplo la Argentina donde la legislación que rige los procedimientos médicos se basa en una ley 17.132 del año 1967 que impide muchas de las aplicaciones desarrolladas en el trabajo. Como así también modificar la Ley de Protección de Datos Personales – N° 25.326- acorde la evolución de las nuevas tecnologías como es IoT velando por la seguridad en estas nuevas implementaciones.

## 6. Referencias

### Glosario

E-Health = salud a través de internet  
DC = data center  
RFID = identificación radio frecuencia  
WSN = Wireless Sensor Network  
I2pack = Intelligent and Interactive Packaging  
MEMS = MicroElectroMechanical Systems,  
Hmi = interacción hombre-máquina  
SOA = arquitectura orientada a servicios (SOA),  
IoT-HD = dispositivos de atención médica IoT  
TIC = tecnologías de información  
DIM = Modelo de información de dominio  
(IoHT) = Internet of Health Things  
WPNA = red inalámbrica de baja potencia  
WBAN = Wireless Body Area Network  
BSN = redes sensores corporales  
BAN = redes de área corporal  
UWN = ultrawideband  
IP = Internet Protocol  
IPV6 = protocolo IP versión 6  
6LoWPAN = IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks  
PHA = Personal Health Assistant  
M.-health = Salud Móvil  
BNSN = sensores corporales  
IPA = interina Intelligent personal assistants  
WSN = wireless sensor network)  
U-healthcare = ubiquitous healthcare  
NDN = Named Data Networking

## Tablas

|               |    |
|---------------|----|
| Tabla 1 ..... | 11 |
| Tabla 2 ..... | 26 |
| Tabla 3 ..... | 54 |
| Tabla 4 ..... | 71 |
| Tabla 5 ..... | 78 |

## Ilustraciones

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Ilustración 1 .....  | 14  |
| Ilustración 2 .....  | 15  |
| Ilustración 3 .....  | 18  |
| Ilustración 4 .....  | 20  |
| Ilustración 5 .....  | 21  |
| Ilustración 6 .....  | 22  |
| Ilustración 7 .....  | 28  |
| Ilustración 8 .....  | 30  |
| Ilustración 9 .....  | 33  |
| Ilustración 10 ..... | 36  |
| Ilustración 11 ..... | 40  |
| Ilustración 12 ..... | 42  |
| Ilustración 13 ..... | 48  |
| Ilustración 14 ..... | 49  |
| Ilustración 15 ..... | 51  |
| Ilustración 16 ..... | 52  |
| Ilustración 17 ..... | 53  |
| Ilustración 18 ..... | 57  |
| Ilustración 19 ..... | 59  |
| Ilustración 20 ..... | 61  |
| Ilustración 21 ..... | 62  |
| Ilustración 22 ..... | 64  |
| Ilustración 23 ..... | 65  |
| Ilustración 24 ..... | 66  |
| Ilustración 25 ..... | 88  |
| Ilustración 26 ..... | 101 |
| Ilustración 27 ..... | 105 |

## Gráficos

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Gráfico 1.....  | 45  |
| Gráfico 2.....  | 45  |
| Gráfico 3.....  | 47  |
| Gráfico 4.....  | 68  |
| Gráfico 5.....  | 73  |
| Gráfico 6.....  | 74  |
| Gráfico 7.....  | 75  |
| Gráfico 8.....  | 76  |
| Gráfico 9.....  | 80  |
| Gráfico 10..... | 90  |
| Gráfico 11..... | 104 |

## Referencias bibliográficas

---

<sup>1</sup> A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," IEEE Communication Surveys & Tutorials, vol. 17, Fourthquarter 2015

<sup>2</sup> McKinsey By Kim Baroudy, Sunil Kishore, Sumesh Nair, and Mark Pate , Article March 2018 , Unlocking value from IoT connectivity: Six considerations for choosing a provider <https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/unlocking-value-from-iot-connectivity-six-considerations--for-choosing-a-provider> (accedido en 03/2018)

<sup>3</sup> J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," Future Generation Computer Systems, 2013.

<sup>4</sup> B. Dorsemayne, J. P. Gaulier, J. P. Wary, N. Kheir and P. Urien, "Internet of Things: A Definition & Taxonomy," in 2015 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, Cambridge, 2015.

<sup>5</sup> D. Miorandi, S. Sicari, F. D. Pellegrini and I. Chlamtac, "Internet of things: Vision, applications and research challenges," 2012.

<sup>6</sup> Cisco See Joseph Bradley, Joel Barbier, and Doug Handler, 2013

<sup>7</sup> McKinsey Global Institute THE INTERNET OF THINGS: MAPPING THE VALUE BEYOND THE HYPE June 2015 James Manyika | San Francisco, Michael Chui | San Francisco, Peter Bisson | Stamford, Jonathan Woetzel | Shanghai, Richard Dobbs | London, Jacques Bughin | Brussels, Dan Aharon | New York

<sup>8</sup> Pang, Z. (2013). Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology).

<sup>9</sup> Ashton, K., (2009). I could be wrong, but I'm fairly sure the phrase "Internet of Things" started life as the title of a presentation I made at Procter & Gamble (P&G) in 1999, RFID Journal, 22 June 2009.

---

10 Brock, D. L., (2001). The Electronic Product Code: A Naming Scheme for Physical Objects. White Paper of MIT Auto-ID Center, Jan 2010, MIT-AUTOID-WH-002.

<sup>11</sup> Sheng, Q., Zeadally, S., Luo, Z., Chung, J., Maamar, Z. (2010). Ubiquitous RFID: Where are we? Information Systems Frontiers.

<sup>12</sup> Friedewald, Michael; Raabe, Oliver; (2011). Ubiquitous computing: An overview of technology impacts. Telematics and Informatics

<sup>13</sup> Zheng, Li-Rong; Nejad, M.B.; Zhuo Zou; Mendoza, D.S.; Zhi Zhang; Tenhunen, H.; (2008). Future RFID and Wireless Sensors for Ubiquitous Intelligence.

<sup>14</sup> Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. Computer Networks.

<sup>15</sup> Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. Computer Networks

<sup>16</sup> Pang, Z. (2013). Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being (Doctoral dissertation, KTH Royal Institute of Technology).

<sup>17</sup> IHE Patient Care Device Technical Framework, Vol. 2 (PCD TF-2): Transactions, Integrating the Healthcare Enterprise (IHE), Nov. 4, 2014.

<sup>18</sup> Brian Oryema, Hyun-Su Kim, Wei Li, Jong Tae Park, "Design and implementation of an interoperable messaging system for IoT healthcare services", Consumer Communications & Networking Conference (CCNC) 2017 14th IEEE Annual

<sup>19</sup> The Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISO/IEEE 11073-20601 Standard for Health Informatics - Personal health device communication - Application profile - Optimized exchange protocol. ISO/IEEE 11073-20601, 2008

<sup>20</sup> The Institute of Electrical and Electronics Engineers defines standards as "published documents that establish specifications and procedures designed to ensure the reliability of the materials, products, methods, and/or services people use every day." <http://standards.ieee.org>" (2017)

<sup>21</sup> THE INTERNET OF THINGS: MAPPING THE VALUE BEYOND THE HYPE June 2015

<sup>22</sup> See Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, McKinsey Global Institute,

May 2011, <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation> and

<https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/open-data-unlocking-innovation-and-performance-with-liquid-information>

<sup>23</sup> ACCENTURE 2017 IOHT SURVEY Invest today to grow tomorrow. <https://www.accenture.com/us-en/insight-accenture-2017-internet-health-things-survey>

<sup>24</sup> Koop, C.E.; Mosher, R.; Kun, L.; Geiling, J.; Grigg, E.; Long, S.; Macedonia, C.; Merrell, R.; Satava, R.; Rosen, J. (2008). Future delivery of health care: Cybercare. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine.

<sup>25</sup> Liu, C., Zhu, Q.; Holroyd, K. A.; Seng E. K., (2011). Status and trends of mobile-health applications for iOS devices: A developer's perspective. J. Systems and Software.

<sup>26</sup> Plaza, I.; Martínez, L.; Martín, S.; Medrano, C. (2011). Mobile applications in an aging society: Status and trends, J. Systems and Software.

<sup>27</sup> Alemdar, H., Ersoy C. (2010). Wireless sensor networks for healthcare: A survey. Computer Networks.

- 
- <sup>28</sup> Klasnja, P., Pratt, W. (2012). Healthcare in the pocket: Mapping the space of mobilephone health interventions, *Journal of Biomedical Informatics*.
- <sup>29</sup> Domingo, M. C. (2012). An overview of the Internet of Things for people with disabilities. *Journal of Network and Computer Applications*.
- <sup>30</sup> Serbanati, A., Medaglia, C. M., & Ceipidor, U. B. (2011). Building blocks of the internet of things: State of the art and beyond. In *Deploying RFID-Challenges, Solutions, and Open Issues*. InTech.
- <sup>31</sup> Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being ZHIBO PANG Doctoral Thesis in Electronic and Computer Systems KTH – Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, January 2013
- <sup>32</sup> Sanmartín Mendoza, P., Ávila Hernández, K., Vilora Núñez, C., & Jabba Molinares, D. (2016). Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar. *Revista Salud Uninort*
- <sup>33</sup> Chen X, Coll. of Comput. & Commun. LUoT, Lanzhou, China, Yu P, editors. Research on hierarchical mobile wireless sensor network architecture with mobile sensor nodes. *Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2010 3rd International Conference Oct. 2010: IEEE*.
- <sup>34</sup> Li J, Sch. of Math. & Stat. CU, Bose A, Zhao YQ, editors. The study of wireless local area networks and wireless personal area networks. *Electrical and Computer Engineering, 2005 Canadian Conference on; 1-4 May 2005: IEEE*.
- <sup>35</sup> Rahman AFA, Dept. of Security Assurance NVACM, Cyber Security Malaysia, Seri Kembangan, Malaysia, Ahmad R, Ramli SN, editors. Forensics readiness for Wireless Body Area Network (WBAN) system. *Advanced Communication Technology (ICACT), 2014 16th International Conference on; 16- 19 Feb. 2014: IEEE*.
- <sup>36</sup> Zhou M, Li H, Weijnen M. Accelerometer- Based Body Sensor Network (BSN) for Medical Diagnosis Assessment and Training; 2015.
- <sup>37</sup> Li H-B, Nat. Inst. of Inf. & Commun. Tech-nol. (NICT) Y, Japan, Hamaguchi K, editors. A prototype BAN for medical and healthcare monitoring based on high band UWB. *Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), 2011 14th International Symposium on; 3-7 Oct. 2011: IEEE*.
- <sup>38</sup> Li H-B, Nat. Inst. of Inf. & Commun. Tech-nol. NU, Yokosuka, Takizawa K-I, Zhen B, Kohno R, editors. Body Area Network and Its Standardization at IEEE 802.15.MBAN. *Mobi-le and Wireless Communications Summit, 2007 16th IST; 1-5 July 2007: IEEE*.
- <sup>39</sup> . Yen Y-S, Dept. of Appl. Inf. FGU, Ilan, Taiwan, Chiang W-C, Hsiao S-F, Shu Y-P, editors. Using WiMAX network in a telemonitoring system. *Computer Research and Development (ICCRD), 2011 3rd International Conference on; 11-13 March 2011: IEEE*.
- <sup>40</sup> Huang ML, Sch. of Inf. & Commun. Eng. KAIST, Daejeon, South Korea, Park S-C, editors. A WLAN and ZigBee coexistence mechanism for wearable health monitoring system. *Communications and Information Technology, 2009 ISCIT, 2009 9th International Symposium on; 28-30 Sept. 2009: IEEE*.
- <sup>41</sup> Mehmood NQ, Culmone R, editors. An ANT+ Protocol Based Health Care System. *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2015 IEEE 29th International Conference on; 24-27 March 2015: IEEE*.
- <sup>42</sup> IEEE Standard for Ultrawideband Radar Definitions; 2007

- 
- <sup>43</sup> . Carpi F, Interdepartmental Res. Centre "E. Piaggio" UoP, Italy, De Rossi D. Electroac-tive polymer-based devices for e-textiles in biomedicine. Information Technology in Bio-medicine, IEEE Transactions on 2005
- <sup>44</sup> Schantz HG, Q-Track Corp. H, editors. A real-time location system using near-field elec-tromagnetic ranging. Antennas and Propaga-tion Society International Symposium, 2007 IEEE; 9-15 June 2007: IEEE.
- <sup>45</sup> Moon GB, Dept. of Electr. Eng. KU, Seoul, South Korea, Hur MB, Jee G-I, editors. An indoor positioning system for a first responder in an emergency environment. Control, Automa-tion and Systems (ICCAS), 2012 12th Interna-tional Conference on; 17-21 Oct. 2012: IEEE.
- <sup>46</sup> Deng X, Zheng L, Li M, editors. Develop-ment of a field wireless sensors network based on ZigBee technology. World Automation Con-gress (WAC), 2010; 19-23 Sept. 2010.
- <sup>47</sup> Donggeon L, Seongyun K, Howon K, Na-mje P, editors. Mobile Platform for Networked RFID Applications. Information Technology: New Generations (ITNG), 2010 Seventh In-ternational Conference on; 12-14 April 2010.
- <sup>48</sup> . Berhanu Y, Abie H, Hamdi M, editors. A testbed for adaptive security for IoT in eHealth. Proceedings of the International Workshop 2013
- <sup>49</sup> Kim J, Networking Lab. KHU, Yongin, South Korea, Haw R, Cho EJ, Hong CS, Lee S. A 6LoWPAN Sensor Node Mobility Scheme Based on Proxy Mobile IPv6. 2012
- <sup>50</sup> 4. Zhiyong S, Kui L, Shiping Y, Qingbo O, edi-tors. Design and implementation of the mobile internet of things based on td-scdma network. Information Theory and Information Secu-rity (ICITIS), 2010 IEEE International Confe-rence on; 17-19 Dec. 2010
- <sup>51</sup> . Barakah DM, Dental Clinic Dept. KSMC, Riyadh, Saudi Arabia, Ammad-uddin M, editors. A Survey of Challenges and Applica-tions of Wireless Body Area Network (WBAN) and Role of a Virtual Doctor Server in Existing Architecture. Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), 2012 Third Interna-tional Conference on; 8-10 Feb. 2012: IEEE.
- <sup>52</sup> . Islam SK, Dept. of Electr. Eng & Comput. Sci. UoT, Knoxville, TN, USA, Fathy A, Wang Y, Kuhn M, Mahfouz M. Hassle-Free Vitals: BioWireleSS for a Patient-Centric Health-Care Paradigm. Microwave Maga-zine, IEEE
- <sup>53</sup> PANG Z. Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being. Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology; 2013.
- <sup>54</sup> J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic and M. Palaniswami, "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions," Future Generation Computer Systems, 2013
- <sup>55</sup> A. Botta, W. d. Donato, V. Persico and A. Pescapé, "On the Integration of Cloud Computing and Internet of Things," in 2014 International Conference on Future Internet of Things and Cloud, Barcelona, 2014
- <sup>56</sup> L. Atzori, A. Iera and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," *Computer Networks*
- <sup>57</sup> C. Doukas and I. Maglogiannis, "Bringing IoT and Cloud Computing towards Pervasive Healthcare," in *2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, Palermo, 2012.
- <sup>58</sup> SOUZA, Vitor Barbosa Carlos de. Mechanisms for service-oriented resource allocation in IoT. 2018.



- 
- <sup>59</sup> F. Bonomi, R. Milito, P. Natarajan and J. Zhu, "Fog computing: A platform for internet of things and analytics," in *Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments. Studies in Computational Intelligence*, vol. 546, Cham, Springer, 2014
- <sup>60</sup> B. M. C. Silva, J. J. P. C. Rodrigues, I. de la Torre Díez, M. López-Coronado, and K. Saleem, "Mobile-health: A review of current state in 2015", in *J. Biomed. Inform.*, vol. 56, pp. 265–272, August 2015.
- <sup>61</sup> Santos J, Rodrigues JJ, Silva BM, Casal J, Saleem K, Denisov V (2016) An IoT-based mobile gateway for intelligent personal assistants on mobile health environments. *J Netw Comput Appl*:1–12
- <sup>62</sup> J. J. P. C. Rodrigues, O. R. E. Pereira, and P. A. C. S. Neves, "Biofeedback Data Visualization for Body Sensor Networks", in *Journal of Network and Computer Applications*, Elsevier, Vol. 34, No. 1, pp. 151-158, January 2011.
- <sup>63</sup> Amendola S, Lodato R, Manzari S, Occhiuzzi C, Marrocco G (2014) RFID technology for IoT-based personal healthcare in smart spaces. *Internet of Things* 1(2):144–152
- <sup>64</sup> Santos A, Macedo J, Costa A, Nicolau MJ (2014) Internet of things and smart objects for M-health monitoring and control. *Procedia Technol* 16:1351–1360
- <sup>65</sup> Henriques MAP. Adesão ao regime medicamentoso em idosos na comunidade: eficácia das intervenções de enfermagem. Universidade de Lisboa, 2011
- <sup>66</sup> Lin Y, Ge Y, Li W, Rao W, Shen W (2014) A home mobile healthcare system for wheelchair users. In: *Proceedings of 18th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, IEEE
- <sup>67</sup> Zhang Y, Sun L, Song H, Cao X (2014) Ubiquitous wsn for healthcare: Recent advances and future prospects. *Internet of Thing*
- <sup>68</sup> Mitra U, Emken BA, Lee S, Li M, Rozgic V, Thatte G, Vathsangam H, Zois DS, Annavaram M, Narayanan S, Levorato M (2012) KNOWME: a case study in wireless body area sensor network design. *IEEE Commun Mag*
- <sup>69</sup> ESHAGHIAN-WILNER, Mary Mehrnoosh (ed.). *Wireless computing in medicine: from nano to cloud with ethical and legal implications*. John Wiley & Sons, 2016.
- <sup>70</sup> *Measuring the Information Society Report 2017 Volume 1 2017* ITU International Telecommunication Union Place des Nations
- <sup>71</sup> Franklin V, Greene A, Waller A, Greene S, Pagliari C (2008) Patients Engagement With Sweet Talk - A Text Messaging Support System for Young People With Diabetes, *Journal Of Medical Internet Research*
- <sup>72</sup> Kang JM, Yoo T, Kim HC (2006) A wrist-worn integrated health monitoring instrument with a telereporting

---

device for telemedicine and tele care. IEEE Trans Instrum Meas

<sup>73</sup> Pollonini L, Rajan NO, Xu S, Madala S, Dacso CC (2012) A novel handheld device for use in remote

patient monitoring of heart failure patients? Design and preliminary validation on healthy subjects.

J Med Syst

<sup>74</sup> Kwapisz JR, Weiss GM, Moore SA (2011) Activity recognition using cell phone accelerometers. ACM

Sig KDD Explorations Newsletter

<sup>75</sup> Moghaddam RF, Moghaddam FF, Cheriet M (2011) The bluenetwork concept, University of Quebec,

Montreal,

<sup>76</sup> Pollonini L, Rajan NO, Xu S, Madala S, Dacso CC (2012) A novel handheld device for use in remote

patient monitoring of heart failure patients? Design and preliminary validation on healthy subjects.

J Med Syst

<sup>77</sup> Kang JM, Yoo T, Kim HC (2006) A wrist-worn integrated health monitoring instrument with a telereporting

device for telemedicine and tele care. IEEE Trans Instrum Meas

<sup>78</sup> Milošević M, Shrove MT, Jovanov E (2011) Applications of smartphones for ubiquitous health monitoring

and wellbeing management. JITA-Journal of Information Technology and Applications (Banja

Luka)-APEIRON

<sup>79</sup> Oresko JJ, Jin Z, Cheng J, Huang S, Sun Y, Duschl H, Cheng AC (2010) A wearable smartphone-based

platform for real-time cardiovascular disease detection via electrocardiogram processing. IEEE Trans Inf

Technol Biomed.

<sup>80</sup> zumia Instant heart rate. <http://www.azumio.com/s/instantheartrate/index.html> (Accedida 06, 2018)

<sup>81</sup> Tyagi S, Agarwal A, Maheshwari P (2016) A conceptual framework for IoT-based healthcare system

using cloud computing. In: Proceedings of 6th International Conference-Cloud System and Big Data

Engineering (Confluence)

<sup>82</sup> Hossain MS, Muhammad G (2016) Cloud-assisted industrial internet of things (iiot)-enabled framework

for health monitoring. Comput Netw

<sup>83</sup> Nandyala CS, Kim HK (2016) From Cloud to Fog and IoT-Based Real-Time u-Healthcare Monitoring

for Smart Homes and Hospitals.

---

<sup>84</sup> U-Healthcare System: State-of-the-Art Review and Challenges Farid Touati & Rohan Tabish (2013)

<sup>85</sup> Hassanalieragh M, Page A, Soyata T, Sharma G, Aktas M, Mateos G, Kantarci B, Andreescu S (2015)

Health monitoring and management using internet-of-things (IoT) sensing with cloud based processing:

Opportunities and challenges. In: Proceedings of IEEE International Conference on Services Computing

(SCC), New York, USA.

<sup>86</sup> Seales C, Do T, Belyi E, Kumar S (2015) PHINet: A Plug-n-Play Content-centric Testbed Framework

for Health-Internet of Things. In: Proceedings of IEEE International Conference on Mobile Services

(MS), New York, USA

<sup>87</sup> V. Jacobson, J. Burke, P. Ohm, T. Abdelzaher, K. Shilton, L. Wang, E. Yeh, E. Uzun, G. Edens, P. Crowley, D. Estrin, L. Zhang, B. Zhang, G. Tsudik, K. Claffy, D. Krioukov, D. Massey, and C. Papadopoulos, "Named Data Networking (NDN) Project 2012 - 2013 Annual Report," Oct 2014.

<sup>88</sup> M. Amadeo, C. Campolo, and A. Molinaro, "Multi-source data retrieval in iot via named data networking," in Proceedings of the 1st International Conference on Information-centric Networking, ser. INC '14. ACM, 2014,

<sup>89</sup> k. claffy, J. Polterock, A. Afanasyev, J. Burke, and L. Zhang, "The First Named Data Networking Community Meeting (NDNcomm)," Named Data Networking (NDN), 2015

<sup>90</sup> Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar Internet of Things and Home-Centered Health

Paul Sanmartín Mendoza<sup>1</sup>, Karen Ávila Hernández<sup>2</sup>, César Vilora Núñez<sup>3</sup>, Daladier Jabba Molinares<sup>4</sup>. (2016)

<sup>91</sup> Fan YJ, Yin YH, Xu LD, Zeng Y, Wu F. IoT-based smart rehabilitation system. IEEE Transactions on Industrial Informatics 2014.

<sup>92</sup> Islam SK, Dept. of Electr. Eng & Comput. Sci. UoT, Knoxville, TN, USA, Fathy A, Wang Y, Kuhn M, Mahfouz M. Hassle-Free Vitals: BioWireleSS for a Patient-Centric Health-Care Paradigm. Microwave Magazine, IEEE 2014

<sup>93</sup> Lin C-H, Young S-T, Kuo T-S. A remote data access architecture for home-monitoring health-care applications. Medical Engineering & Physics 2007

<sup>94</sup> Yu L, Jianwei N, Lianjun Y, Lei S, editors. eBPlatform: An IoT-based system for NCD patients homecare in China. Global Communications Conference (GLOBECOM), IEEE 2014

<sup>95</sup> <https://www.psi.org/health-area/non-communicable-diseases/#about> , ( accedida 04-2018 )

<sup>96</sup> Intelligent Packaging and Intelligent Medicine Box for Medication Management towards the Internet-of-Things Zhibo Pang\*, Junzhe Tian\*\*, Qiang Chen\*\*, 2013.

<sup>97</sup> International Conference on Information Security & Privacy (ICISP2015), 11-12 December 2015, Nagpur, INDIA Medicine Reminder and Monitoring System for Secure Health Using IOT Samir V.Zanjala\*, Girish. R. Talmaleb

---

<sup>98</sup> Cerutti S, Magenes G, Bonato P. Guest Editorial Special Section on Smart Wearable Devices for Human Health and Protection. Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on 2010

<sup>99</sup> Lei Y, Chungui L, Sen T, editors. Community Medical Network (CMN): Architecture and implementation. Mobile Congress (GMC), 2011 Global; 17-18 Oct. 2011.

<sup>100</sup> Lecture Notes in Electrical Engineering Volume 426. Ambient Assisted Living Italian Forum 2016. Filippo Cavallo Vincenzo Marletta Andrea Monteriù Pietro Siciliano

<sup>101</sup> Patrick K, Marshall SJ, Davila EP, Kolodziejczyk JK, Fowler JH, Calfas KJ et al. Design and implementation of a randomized controlled social and mobile weight loss trial for young adults (project SMART). Contemporary Clinical Trials 2014

<sup>102</sup> Vera C, Herr A, Mandato K, Englander M, Ginsburg L, Siskin GP. Internet-Based Social Networking and Its Role in the Evolution of Chronic Cerebrospinal Venous Insufficiency. Techniques in Vascular and Interventional Radiology 2012.

<sup>103</sup> Hidy B, Porch E, Reed S, Parish MB, Yellowlees P. 18 - Social Networking and Mental Health. In: Turvey KML, editor. Telemental Health. Oxford: Elsevier; 2013.

<sup>104</sup> Bauer, S., Wolf, M., Haug, S., & Kordy, H. (2011). The effectiveness of internet chat groups in relapse prevention after inpatient psychotherapy. Journal of Psychotherapy Practice and Research.

<sup>105</sup> Paul J. Hu, Patrick Y.K. Chau, Olivia R. Liu Sheng & Kar Yan Tam (1999) Examining the Technology Acceptance Model Using Physician Acceptance of Telemedicine Technology, Journal of Management Information Systems.

<sup>106</sup> Technology applied to geriatric medicine Telecare, telehealth and telemedicine S. Stowe a, \*, S. Harding b, 2010

<sup>107</sup> Sudhamony S, Med. Inf. Group CfDoAC, Thiruvananthapuram, Nandakumar K, Binu PJ, Niwas SI. Telemedicine and telehealth services for cancer-care delivery in India. Communications, IET 2008

<sup>108</sup> "The Internet Of Medical Things—What Healthcare Marketers Need to Know Now," January 2016, Victoria Petrock: Contributors: Annalise Clayton, Maria Minsker, Jennifer Pearson, eMarketer.

<sup>109</sup> Healthcare's Big Bang Disruption, April 2016, Accenture. <https://www.accenture.com/us-en/insight-healthcare-bigbang-disruption>. (accedida 06/2018)

<sup>110</sup> ACCENTURE 2017 IOHT SURVEY Invest today to grow tomorrow. <https://www.accenture.com/us-en/insight-accenture-2017-internet-health-things-survey> (accedida 2018)

<sup>111</sup> <https://www.emarketer.com/Articles/Print.aspx?R=1013431> (accedida 2018)

<sup>112</sup> IoT in healthcare market analysis and segment forecasts to 2022 - GRAND VIEW RESEARCH (accedida 2018)

<sup>113</sup> IoT in healthcare market analysis and segment forecasts to 2022 - GRAND VIEW RESEARCH – Example recibido por correo (accedida 2018)

<sup>114</sup> <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-06-24/amazon-berkshire-jpmorgan-health-venture-takes-aim-at-middlemen> (accedida 2018)

- 
- 115 <https://www.cnn.com/2017/06/02/amazon-alexa-diabetes-challenge-offers-125000-prize.html>  
(accedida 2018)
- 116 <https://www.cnn.com/2017/06/18/hospitals-are-looking-for-the-killer-amazon-alexa-app.html>  
(accedida 2018)
- 117 <https://www.nytimes.com/2017/12/26/technology/big-tech-health-care.html>  
(accedida 2018)
- 118 <https://www.apple.com/healthcare/>  
(accedida 2018)
- 119 <https://developer.apple.com/carekit/>  
(accedida 2018)
- 120 <https://www.forbes.com/sites/michelatindera/2018/03/13/alphabet-has-filed-186-health-care-patents-watch-out-world/#643113431baf>  
(accedida 2018)
- 121 <https://www.geekwire.com/2017/exclusive-google-buys-seattle-health-monitoring-startup-senosis-bolstering-digital-health-push/>  
(accedida 2018)
- 122 <https://debug.com/>  
(accedida 2018)
- 123 <https://www.uberhealth.com/>  
(accedida 2018)
- 124 <https://www.oculus.com/blog/vrs-healthcare-revolution-transforming-medical-training/>  
(accedida 2018)
- 125  
<https://www.marketresearch.com/land/product.asp?productid=8926222&progid=87380>  
(accedida 2018)
- 126 <https://www.ibm.com/watson/health/oncology-and-genomics/oncology/>  
(accedida 2018)
- 127 <https://am.asco.org/>  
(accedida 2018)
- 128 <http://www.bi-spain.com/articulo/74848/big-data/hospitales-y-clinicas/11-informes-sobre-la-eficacia-de-ibm-watson-para-oncologia>  
(accedida 2018)
- 129 <https://meetinglibrary.asco.org/record/150352/abstract>  
(accedida 2018)
- 130 <https://meetinglibrary.asco.org/record/145389/abstract>  
(accedida 2018)
- 131 <https://meetinglibrary.asco.org/record/150478/abstract>  
(accedida 2018)
- 132 <https://meetinglibrary.asco.org/record/152802/abstract>  
(accedida 2018)

- 133 <https://www.cnbc.com/2017/05/08/ibms-watson-is-a-joke-says-social-capital-ceo-palihapitiya.html>  
(accedida 2018)
- 134 <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2017/07/02/is-ibm-watson-a-joke/#73ad2f8fda20>  
(accedida 2018)
- 135 <http://conference.learnquest.com/CESummit17/>  
(accedida 2018)
- 136 <https://healthy.kaiserpermanente.org/>  
(accedida 2018)
- 137 <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/cesummit-watson-iot-kaiser/>  
(accedida 2018)
- 138 <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/internet-things-healthcare/>  
(accedida 2018)
- 139 <https://www.technavio.com/> (accedida 2018)
- 140 Maribel Salas et al., "Costs of medication nonadherence in patients with diabetes mellitus: A systematic review and critical analysis of the literature," Value in Health, volume 12, number 6, November 2009.
- 141 <https://www.arubanetworks.com/>  
(accedida 2018)
- 142 <http://news.arubanetworks.com/press-release/arubanetworks/iot-heading-mass-adoption-2019-driven-better-expected-business-results>  
(accedida 2018)
- 143 [https://www.arubanetworks.com/assets/eo/HPE\\_Aruba\\_IoT\\_Research\\_Report.pdf](https://www.arubanetworks.com/assets/eo/HPE_Aruba_IoT_Research_Report.pdf)  
(accedida 2018)
- 144 Foley P, Steinberg D, Levine E, Askew S, Batch BC, Puleo EM, et al. Track: a randomized controlled trial of a digital health obesity treatment intervention for medically vulnerable primary care patients. Contemp Clin Trials 2016;48:12-20  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4885789/pdf/nihms-773153.pdf>  
(accedida 2018)
- 145 Giraldo-Rodriguez L, Torres-Castro S, Martinez-Ramirez D, Gutierrez-Robledo LM, Perez-Cuevas R. Tele-care and tele-alarms for the elderly: preliminary experiences in Mexico. Rev Saude Publica 2013. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102013000400711&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102013000400711&lng=en&nrm=iso&tlng=en) (accedida 02-2018) (accedida 2018)
- 146 <https://www.commonwealthfund.org/blog/2016/envisioning-digital-health-advisor>  
(accedida 2018)
- 147 <https://insights.samsung.com/2016/06/24/a-digital-health-advisor-the-next-logical-step-in-healthcare-technology/>  
(accedida 2018)

---

148 <https://www.medicare.gov/>

(accedida 2018)

149 [https://www.medicaid.gov/\(accedida 2018\)](https://www.medicaid.gov/(accedida 2018))

150 [https://www.commonwealthfund.org/blog/2016/envisioning-digital-health-advisor\(accedida 2018\)](https://www.commonwealthfund.org/blog/2016/envisioning-digital-health-advisor(accedida 2018))

151 [http://www.who.int/gpsc/country\\_work/burden\\_hcai/es/\(accedida 2018\)](http://www.who.int/gpsc/country_work/burden_hcai/es/(accedida 2018))

152 Comisión de las Comunidades Europeas. Comunicación de la comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre la seguridad de los pacientes, en particular la prevención y lucha contra las infecciones relacionadas con la asistencia sanitaria. Resumen de la evaluación de impacto, Bruselas, 2008

153 Simor AE, Ofner-Agostini M, Bryce E, Green K, McGeer A, Mulvey M, et al. The evolution of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in Canadian hospitals: 5 years of national surveillance. *CMAJ* 2001

154 Zoutman DE, Ford BD, Bryce E, Gourdeau M, Hebert G, Henderson E, et al. The state of infection surveillance and control in Canadian acute care hospitals. *Am J Infect Control* 2003

155 Douglas Scott II R. The direct medical costs of healthcare-associated infections in U.S. hospitals and the benefits of prevention. Coordinating Center for Infectious Diseases, Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta, GA, March 2009.

156 Vigilancia epidemiológica de las infecciones asociadas a la atención en salud. Módulo I Organización Panamericana de la Salud. Marzo 2010

157 Plowman R, Graves N, Griffin MA, Roberts JA, Swan AV, Cookson B, et al. The rate and cost of hospital-acquired infections occurring in patients admitted to selected specialties of a district general hospital in England and the national burden imposed. *J Hosp Infect* 2001

158 Schmunis GA, et al: Costo de la infección nosocomial en unidades de cuidados intensivos de cinco países de América Latina: llamada de atención para el personal de salud. *Rev Panam Infectol* 2008

159 Reyes, M. G. L., Zambrano, J. V. S., & Samaniego, P. H. PLAN DE NEGOCIOS: HEALTH CARE ADVISOR APP.

160

<http://www.saludcapital.gov.co/Lists/Anuncion%20principales/Attachments/216/organizacion-serviciosAH1N1%20Junio%2012%202009.pdf> RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA ORGANIZACIÓN DE LOS SERVICIOS ANTE LA POSIBLE PANDEMIA DE INFLUENZA A H1N1. (accedida 2018)

161 Jarvis, W. R. (2001). Infection control and changing health-care delivery systems. *Emerging Infectious Diseases*

162 INDEC – Proyecciones provinciales de población por sexo y grupo de edad 2010/2040 del año 2010

---

<sup>163</sup> Organización Panamericana de la Salud. Plataforma de Información de Salud (PLISA). [https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?post\\_t es=argentina&lang=es](https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?post_t es=argentina&lang=es)

(accedida 2018)

<sup>164</sup> Saksena P, Xu K, Evans DB. Impact of out-of-pocket payments for treatment of non-communicable diseases in developing countries: a review of the literature. Documento de debate n.º 2. Ginebra: OMS;

2011. [http://www.who.int/health\\_financing/documents/dp\\_e\\_11\\_02ncd\\_finburden.pdf?ua=1](http://www.who.int/health_financing/documents/dp_e_11_02ncd_finburden.pdf?ua=1) (accedida 2018)

<sup>165</sup> <https://www.aarp.org/espanol/hogar-familia/tecnologia/info-2014/monitorear-ancianos-distancia-herramientas.html>

(accedida 2018)

<sup>166</sup> Measuring the Information Society Report 2017 Volume 1 2017 ITU International Telecommunication Union Place des Nations

<sup>167</sup> <https://news.walgreens.com/press-releases/general-news/walgreens-introduces-new-digital-marketplace-featuring-17-leading-health-care-providers.htm>

(accedida 2018)

<sup>168</sup> <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/what-edge-computing-means-for-infrastructure-and-operations-leaders/>

(accedida 2018)

<sup>169</sup> [https://www.businessinsider.com/intelligence/research-store?IR=T&utm\\_source=businessinsider&utm\\_medium=content\\_marketing&utm\\_term=content\\_marketing\\_store\\_text\\_link\\_internet-of-things-insurance-home-life-auto-trends-2016-](https://www.businessinsider.com/intelligence/research-store?IR=T&utm_source=businessinsider&utm_medium=content_marketing&utm_term=content_marketing_store_text_link_internet-of-things-insurance-home-life-auto-trends-2016-10&utm_content=report_store_content_marketing_text_link&utm_campaign=content_m)

[10&utm\\_content=report\\_store\\_content\\_marketing\\_text\\_link&utm\\_campaign=content\\_m](https://www.businessinsider.com/intelligence/research-store?IR=T&utm_source=businessinsider&utm_medium=content_marketing&utm_term=content_marketing_store_text_link_internet-of-things-insurance-home-life-auto-trends-2016-10&utm_content=report_store_content_marketing_text_link&utm_campaign=content_m)

(accedida 2018)

<sup>170</sup> <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins/>

(accedida 2018)