

Internet de las cosas (IoT) como estrategia para impulsar la eficiencia de los procesos médicos en Costa Rica / Internet of things (IoT) as a strategy to improve the efficiency of medical processes in Costa Rica

Dilan Granados Durán¹

Johan Joseph Campos Castillo²

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología

2022

Resumen

El internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) se ha vuelto parte de la cotidianidad, al punto de que las personas lo utilizan sin percatarse de ello, tiene una amplia aplicación en muchos sectores de la industria y aspectos de la vida; el área de la medicina y el cuidado de los pacientes es uno de ellos. IoT ofrece el uso de dispositivos modernos, los cuales logran conseguir una mayor facilidad de comprensión y satisfacción personal tanto de los médicos como los pacientes; por esta razón, el internet de las cosas se vuelve un tema clave en la ejecución de procesos médicos, como los diagnósticos o la monitorización. La investigación se interesa por conocer los principales usos del IoT médico en el mundo, descubrir cómo los dispositivos mejoran los procesos médicos y cuáles de estos son aplicables dentro del contexto costarricense, razón por la cual se busca dar respuesta a la interrogante: ¿cuáles son los usos actualmente aplicados del IoT en el sector de la salud que permitan impulsar la eficiencia y optimización de los procesos médicos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS)? Para esto, se realizó un estudio cualitativo y de tipo descriptivo, aplicando entrevistas a profesionales del área médica relacionados con la CCSS y a pacientes que tuvieron una experiencia de ser atendidos en el sector público. Se logra descubrir, como uno de los principales hallazgos, el esfuerzo que ha hecho la CCSS en implementar IoT médico y el potencial del sistema EDUS, dada su capacidad actual de centralizar la información de los pacientes y por servir de gestor para dispositivos IoT. Se descubren, además, las limitaciones que enfrenta la CCSS para poder hacer más eficientes los procesos médicos a través del uso del IoT, como lo son limitaciones gubernamentales, de presupuesto, infraestructura y capacitación. Por lo anterior, se recomienda, en términos generales, fomentar y enfocar las inversiones de IoT en el aplicativo EDUS, además de motivar el uso de este, ya que muchos usuarios desconocen las capacidades del IoT.

¹ Ingeniero de *software* con alrededor de 2 años de experiencia en el área de datos y analítica en organizaciones como Grupo823 y Ernst & Young. Su experiencia es mayormente en el desarrollo de proyectos en el sector de ciencia de datos e ingeniería de datos.

<https://orcid.org/0000-0002-7024-7477>

Correo: dgranados198@ulacit.ed.cr

² Ingeniero de sistemas y especialista en el desarrollo de *software* a la medida, con más de 8 años de experiencia en el sector público y privado en empresas altamente reconocidas como lo son el Banco Nacional de Costa Rica y Gorilla Logic SRL. Ha llevado con éxito el desarrollo de sistemas financieros para el manejo de acciones de empresas estadounidenses y banca móvil en Costa Rica, añadido a eso, fue partícipe de sistemas responsables de mejorar la calidad de vida de los pacientes en Estados Unidos para la empresa Davita.

<https://orcid.org/0000-0001-6205-6075>

Correo: jcampose159@ulacit.ed.cr

Palabras clave: internet de las cosas (IoT), dispositivos IoT, sector médico, Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), EDUS.

Abstract

The Internet of things has become part of everyday life, to the point that people use it without realizing it, IoT has a wide application in many sectors of industry and aspects of life; medicine area and patient care are one of them. The IoT offers modern devices to achieve greater ease of understanding and personal satisfaction for doctors and patients. For this reason, the Internet of the thing becomes a key topic in the execution of medical processes, such as diagnostics or monitoring. The research is interested in knowing the main applications of the medical IoT in the world, discovering how the devices improve medical processes and which of these are applicable within the Costa Rican context. So that it pretends to answer the question: What are the current uses of IoT in the health sector that improve the efficiency and optimization of the medical processes of the Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS)? For this, a qualitative and descriptive study was executed, interviewing professionals from the medical area related to the CCSS and patients who had the experience of being treated in the public sector. It is possible to discover as one of the main findings the effort that the CCSS has made to implement medical IoT and the potential of the EDUS system, given its current capacity to centralize patient information and to serve as a manager for IoT devices. The limitations faced by the CCSS to make medical processes more efficient using IoT are also discovered, such as government, budget, infrastructure, and training limitations. Therefore, in general terms, it is recommended to promote and focus IoT capabilities in the EDUS application, in addition to motivating its use since many users are unaware of its IoT capabilities.

Keywords: Internet of things (IoT), IoT devices, medical sector, Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), EDUS.

Introducción

Es muy común observar deportistas corriendo por la calle con sus relojes y sensores inteligentes marcando sus pasos, el ritmo cardíaco, las calorías que deben quemar para alcanzar sus objetivos, incluso les indica si deben detenerse porque se están sobreesforzando, entre otras muchas características. Lo que lleva a pensar y preguntarse, si estos sensores son usados en el deporte de una forma tan amplia y natural, ¿cómo se podrían utilizar sensores inteligentes y dispositivos tecnológicos para ayudar a la detección temprana de problemas en la salud? ¿Qué dispositivos se usan actualmente para diagnosticar pacientes?

En una definición muy simple y llana, ¿sabía que los dispositivos inteligentes que transmiten información a un sistema central mediante internet, que los gestiona y permite tomar decisiones, es lo que se conoce como internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés)? En el transcurso de esta investigación, se describe en qué medida la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) ha implementado y puede hacer un mejor uso de sistemas IoT con el objetivo de mejorar la atención de sus pacientes.

Con el avance del tiempo, la medicina ha evolucionado rápidamente, con el objetivo de prevenir y tener un mejor control de las enfermedades que afectan a la población, enfocándose en ciertos padecimientos como problemas del corazón, diabetes, Alzheimer, entre otros. Por lo que se ha podido recolectar información médica relevante gracias a la biología y el *big data*. Dicha información es de gran utilidad para la realización de estudios y la implementación de la tecnología en procesos médicos, los cuales brindan apoyo para mejorar estrategias médicas en prevención, atención médica, tratamientos y cuidados personalizados de los pacientes (Zerón, 2019, p. 2).

En la actualidad, se implementan sistemas basados en internet de las cosas en múltiples contextos, estos suelen poseer una arquitectura compuesta por capas, las cuales pueden variar dependiendo de la visión del desarrollo de la aplicación (Chanchí et al., 2020). Los usos que se le han dado al IoT han ayudado en el sector de la medicina, aprovechando las ventajas de los dispositivos IoT en procesos médicos, como lo puede ser en los resultados de los pacientes por medio del monitoreo de pacientes en tiempo real o diagnósticos avanzados (Chanchí et al., 2020, p. 4).

Es de conocimiento que la CCSS no solo presenta complicaciones financieras, sino que también enfrenta problemas de gestión y administración de la información estadística en salud, debido a que es una estructura compuesta por diferentes establecimientos que se organizan regionalmente y cada uno posee un grado de complejidad y capacidad resolutoria independiente; lo que la convierte en una estructura totalmente ineficiente. Esto ha dificultado la toma de decisiones, así como la capacidad de satisfacer las necesidades y las demandas de toda la población. Dichas dificultades se pueden ver reflejadas en ciertos casos, como en los tiempos de respuesta lentos de la atención médica y la sobrecarga de procesos al personal (Molina y Umaña, 2019, p. 13).

Si bien la institución ha hecho grandes esfuerzos por mejorar la atención médica mediante diferentes iniciativas, como el expediente digital, el cual pretende mejorar los tiempos de reacción centralizando la información y, aunque ha habido mejoras en el servicio brindado a los pacientes, se requiere de mecanismos de diagnóstico, monitoreo y control óptimos, con el fin de mejorar la eficiencia y eficacia de los procesos médicos.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los usos actualmente aplicados del IoT en el sector de la salud que permitan impulsar la eficiencia y optimización de los procesos médicos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS)?

Objetivo general

Compilar e informar sobre técnicas y tecnologías de IoT que permitan impulsar la eficiencia y optimización de los procesos médicos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) en la actualidad.

Objetivos específicos

1. Descubrir las mejoras que brinda IoT en el monitoreo de los pacientes.
2. Valorar los dispositivos más utilizados de IoT en el campo de la medicina a nivel mundial.
3. Modelar los escenarios en los que el IoT puede mejorar el diagnóstico de los pacientes.
4. Demostrar cómo el IoT puede reducir el tiempo de atención médica.

Forma de alcanzar los objetivos

Para alcanzar los objetivos de la investigación, se realizó una revisión bibliográfica en diferentes bases de datos como EBSCOhost y Google Scholar, asimismo, en sitios web oficiales de la Caja Costarricense de Seguro Social. Se verificó detenidamente que el contenido fuera confiable y veraz, contribuyendo así con el análisis requerido.

Se requirió de artículos donde se detalla el uso actual de sistemas IoT aplicados al área de la salud para determinar la mejor tropicalización aplicable al contexto costarricense. Además de entrevistas y encuestas dirigidas a actores claves en el tema de estudio, como lo son doctores, pacientes y público en general que representan fuentes primarias de información requeridas para el desarrollo del estudio.

Revisión bibliográfica

El internet de las cosas, también conocido por su abreviatura en inglés como IoT, es un tema que ha estado creciendo y dándose a conocer en los últimos años en el área de la tecnología, gracias a la construcción de los chips y las redes inalámbricas; el poder conectar todos los diferentes objetos y agregarles sensores le agrega un nivel más de inteligencia digital. Este concepto trata de utilizar y extender el poder del internet y los dispositivos inteligentes a otro nivel en diferentes entornos y procesos. Brief (2019) explica que:

El IoT es la interconexión de dispositivos físicos integrados con electrónica, software, sensores e intercambio de datos también denominados "dispositivos conectados" y "dispositivos inteligentes". En pocas palabras, IoT transforma objetos físicos en dispositivos inteligentes para recopilar, comunicar, monitorear e interpretar información de su entorno en tiempo real. El IoT conecta dispositivos a través de Internet, donde cada dispositivo tiene una dirección IP única, lo que permite el monitoreo y control remoto a través de sistemas de control basados en la nube. El objetivo del IoT es automatizar cada vez más aspectos de nuestras vidas, mientras aumentamos la eficiencia de los procesos. (p. 7) (Traducción libre del autor)

El internet de las cosas abarca todos los dispositivos que están conectados a través de redes públicas y privadas, los cuales pueden ser accedidos de forma remota para realizar funciones especiales; la combinación de todos estos aparatos conectados con sistemas automatizados logra recopilar millones de datos que son analizados para soluciones inteligentes. Con la evolución del IoT, mayor es la cantidad de dispositivos que se crean y también es mayor la cantidad de datos que están presentes en internet. Los aparatos IoT son utilizados para ayudar a los humanos al realizar varias funciones, como puede ser verificar las condiciones climáticas, respaldar equipos hospitalarios para operaciones y proporcionar seguimiento o monitoreo. Además, dichas tareas y el recopilar datos se pueden ejecutar en tiempo real para mejorar la eficiencia del sistema. El IoT está presente en muchos sectores de la industria porque proporciona la contribución direccionable en muchas aplicaciones y servicios, por lo que la industria médica también le puede sacar mucho provecho (Ahsan et al., 2022, p. 1; Ahlawat y Rana, 2021, p. 1).

Los dispositivos del IoT juegan un rol esencial para el desarrollo de los proyectos digitales, los aparatos informáticos se conectan de forma inalámbrica a internet y tienen, gracias a las redes de alta velocidad, la capacidad de transmitir grandes volúmenes de datos. Son bastante comunes en la vida cotidiana y se les conoce como dispositivos inteligentes, entre los más conocidos se pueden encontrar los celulares, televisores, parlantes, portátiles, electrodomésticos, vehículos, sensores, entre otros.

En la industria médica, también se pueden encontrar y son de gran utilidad. He et al. (2020) mencionan que: “los dispositivos Edge son herramientas médicas importantes para el control oportuno y la prevención de enfermedades cardiovasculares” (p. 2). (Traducción libre del autor). Mientras Baldassarre et al. (2020) comunican los beneficios en el desarrollo de los

dispositivos portátiles e inteligentes para el monitoreo cardiovascular y sobre sus posibles aplicaciones, demostrando las tendencias del uso de los aparatos IoT en diferentes entornos.

Para entender las capacidades del IoT, es necesario comprender ciertos conceptos computacionales como lo es la inteligencia artificial (IA), la misma que se utiliza cada día sin percatarse, posiblemente. La IA está presente en un sin número de aplicaciones como los buscadores de internet (Google Search), redes sociales (Facebook, Instagram, Twitter, etc.), en mapas de navegación (Google Maps o Waze), dispositivos como Alexa, Google Nest y HomePod, que de hecho son dispositivos IoT controlados por una computadora central donde residen los asistentes inteligentes llamados Alexa, Google Assistant y Siri, respectivamente.

El reto con la inteligencia artificial fue conseguir un mecanismo que permitiera al *software* operar de manera independiente, algo que los algoritmos tradicionales no eran capaces de realizar, es decir, para que la IA funcione, se requiere de algoritmos de aprendizaje automático, más conocidos como *Machine Learning* en inglés. Bertalan y Marton (2020) explican que:

La IA funciona a través de un método llamado Machine Learning. Debido a los retos y tareas complicadas en el cuidado de la salud, escribir algoritmos tradicionales para resolver esas tareas no era suficiente, se necesitaba un nuevo método. Machine Learning les da a las computadoras la habilidad de aprender [de forma independiente] tareas para las que no fueron programadas. Si se alimenta un algoritmo con datos con [la cantidad y] calidades suficientes. (p.13) (Traducción libre del autor)

Dicho lo anterior, para comprender estos conceptos, el internet de las cosas es el medio físico por el que los dispositivos usando sensores y procesadores perciben el mundo y pueden reaccionar a él. Así mismo, estos dispositivos usando las capacidades de la inteligencia artificial son capaces de interpretar la información que reciben, y dicha información, a través de los algoritmos de aprendizaje automático, puede usarse para generar informes, nuevas soluciones, operar otros dispositivos IoT según las condiciones, generar diagnósticos, entre otros.

Por su parte, el dominio médico hace referencia a todos los aspectos relacionados a los servicios, seguros o fabricación de dispositivos para el cuidado de la salud. Lo que lo convierte en uno de los sectores más grandes y de mayor ingreso económicamente en el mundo. Kenny y Priyadarshini (2021) expresan que la industria de la salud se ha convertido en una de las de mayor crecimiento en los últimos años e incluso el gasto mundial en salud es el más alto y continúa aumentando debido al crecimiento de la población, estimando un aproximado de 8.6 miles de millones para el 2030 y de 9.8 miles de millones para el año 2050, lo que provoca una necesidad de una mayor cantidad de atención médica y tratamientos a medida que se acelera con el crecimiento poblacional (p. 1).

La CCSS, también conocida en Costa Rica como “la Caja”, es la institución a cargo de la seguridad social del país. El sistema de salud que se maneja en Costa Rica está integrado por el Ministerio de Salud y varias universidades e institutos tanto públicos como privados que

capacitan al personal de la salud en temas como la atención médica, prevención de enfermedades, curación, servicios de rehabilitación a personas, entre otras. Dicho sistema ha pasado por varias reformas en el sector de la salud ocasionando que el Ministerio de Salud se encargue de la función rectora, así como programas relacionados con la promoción de la salud, prevención de enfermedades y atención integral a los niños y familias que lo necesitan. La CCSS está dividida en el territorio nacional en siete regiones sanitarias, de las cuales cada una de las regiones está subdividida en áreas de salud que contienen alrededor de 3 500 a 4 000 habitantes cada una. Las áreas son controladas por las unidades de personal del EBAIS que realizan atención médica a los residentes de cada región (Evans-Meza et al., 2020, p. 3).

La industria médica es uno de los sectores más importantes que existe a nivel mundial, está compuesta por una gran cantidad de empresas que ofrecen diferentes servicios médicos, entre los que destacan la atención médica, diagnósticos, manejo de enfermedades, monitoreo de pacientes, entre muchos más. En la actualidad, se conoce que todas las industrias están haciendo un giro hacia el uso de la tecnología para obtener beneficios, mejoras y ventajas competitivas que otorga la era digital. Lee y Yoon (2021) indican que la industria de la salud no es la excepción, los hospitales y los proveedores de atención implementan tecnologías digitales como la inteligencia artificial (AI), análisis de *Big Data*, IoT, *Machine Learning* (ML), sensores y robots con la intención de mejorar la calidad de atención y eficiencia de los procesos operativos (p. 1).

Aunque todos los mercados de la industria han sido impulsados por la tecnología, el sector médico fue una de las primeras industrias en ser fuertemente influenciada a utilizar IoT, debido a que estas tecnologías pueden crear nuevas oportunidades, servicios y aplicaciones para mejorar la asistencia en el dominio sanitario, ya que, en el contexto del IoT, todos los objetos relacionados a esta industria estarán equipados con sensores inteligentes e inclusive muchos dispositivos podrán ser utilizados por los pacientes. A causa de los sensores y objetos, los pacientes pueden ser monitoreados remotamente en tiempo real gracias a la interconexión que estos dispositivos poseen. Este acto puede simplificar y automatizar los procesos médicos e incluso prevenir posibles problemas de la salud de manera más oportuna y eficiente por medio de la tecnología IoT, la cual tiene un enorme impacto en la industria y proporciona soluciones inteligentes para mejorar la calidad vida de los pacientes (Georgios et al., 2019, p. 5).

Actualmente, en el sector de la salud, el IoT tiene un gran potencial y sus aplicaciones evolucionarán y se expandirán en los próximos años, las cuales traen grandes beneficios para impulsar esta industria. El IoT en conjunto con otras tecnologías están trazando una ruta en el sector de la salud, la cual se está dirigiendo a obtener un sistema de salud inteligente, en el que los profesionales pueden sacar mucho provecho para mejorar la eficiencia de los procesos médicos. Según Tiwari et al. (2021):

Las cadenas de suministro de los hospitales se mantienen mediante identificación por radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés), con plataformas de gestión integrada, recogiendo datos y ayudando en la toma de decisiones... En los institutos de

investigación científica, en lugar de una detección manual de drogas, se utiliza ampliamente el aprendizaje automático, así como grandes volúmenes de datos (Big Data) que pueden usarse para descubrir participantes adecuados. El costo y el riesgo de los procedimientos médicos se puede reducir de manera efectiva con la ayuda de una atención médica inteligente. La eficiencia de utilización de los recursos médicos, así como la atención médica de autoservicio, junto con la promoción del intercambio y la cooperación regionales, brindan servicios médicos personalizados mediante la implementación del IoT en el sistema de atención médica inteligente. (p. 2) (Traducción libre del autor).

Es el tipo de aplicación del IoT más explotada, se puede encontrar en los dispositivos para llevar registro de la actividad deportiva, como los relojes deportivos, por lo general, vienen equipados con sensor acelerómetro 3D altamente sensible, sensores para medir la altitud sobre el nivel del mar, GPS, pueden contar el número de pasos realizados, sensores cardiacos, entre otros. Los dispositivos IoT en pacientes con diabetes han mejorado por mucho su calidad de vida, se han implementado sistemas con sensores cardiacos, de monitoreo de glucosa en sangre, cápsulas endoscópicas que informan a personal médico sobre el estado del paciente y, de esta forma, poder darle las indicaciones necesarias en tiempo oportuno (Mamdiwar et al., 2021, pp. 10-14).

Es difícil recuperarse de ataques cardiacos si no se realiza una gestión correcta. Los pacientes con problemas del corazón requieren de cuidados y monitoreo constante, por lo que se han implementado sistemas llamados redes de sensores inalámbricos (WSN por sus siglas en inglés), con el fin de monitorear en tiempo real las pulsaciones del corazón, pulso, temperatura corporal, presión sanguínea y para realizar electrocardiogramas en tiempo real (Bolhasani et al., 2021, p. 3).

Para monitorear el sistema respiratorio, hay varias formas de hacerlo, por ejemplo, se puede realizar mediante un sensor de bioimpedancia. Este sensor, al estar colocado en el área abdominal y, por tanto, sobre la piel, puede realizar un análisis de la impedancia bioeléctrica del cuerpo mediante electrodos que miden el paso de la corriente eléctrica por el cuerpo. Además, es capaz de medir el desplazamiento de movimiento de respiración, por ende, de los pulmones (Pastor, 2021, p. 7). Según Alshamrani (2021): “Este involucra la combinación de un termómetro y un canal IoT. El nodo sensor RFID del sistema de IoT tomará la medida de temperatura corporal y transmitirá la información” (p. 10) (Traducción libre del autor).

Existen varios escenarios donde el uso de la tecnología IoT puede ser de bastante utilidad en el sector médico, uno de esos casos es la telemedicina, donde el paciente puede tener citas telefónicas o videollamadas con el médico. Este escenario hubiera parecido muy poco posible y accesible hace años atrás, pero en la actualidad está ocurriendo, especialmente después de la pandemia. Chunara et al. (2021) indican que: “a través de la pandemia de la enfermedad 2019 (COVID-19), la telemedicina se convirtió en un punto de entrada necesario en el proceso de diagnóstico, clasificación y tratamiento” (p. 1) (Traducción libre del autor). Por lo tanto, se

puede aprovechar el IoT para mejorar la calidad de la atención médica utilizando un seguimiento de los pacientes por medio de un sistema de monitoreo de la salud en tiempo real.

Selvaraj (2020) indica que, a pesar de lo simple que suene, las caídas en personas ancianas juegan un papel crucial entre la vida y la muerte, por tanto, la importancia en su detección temprana. Algunas investigaciones se han enfocado en estudiar y monitorear estos sucesos mediante el uso de dispositivos IoT con sensores RFID que, junto con algoritmos de detección de caídas en áreas específicas, permiten a las personas de mayor edad permanecer en la comodidad de sus casas, sabiendo que el sistema alertará al hospital y sus seres queridos en caso de alguna eventualidad (p. 10).

Sattar et al. (2019) proponen un sistema complejo para el monitoreo de heridas, el cual consiste en un sistema basado en MATLAB y la utilización de Arduino ONE como dispositivo IoT para la monitorización. Mencionan que la temperatura corporal es de gran relevancia en la curación de heridas, por lo que definieron rangos estándar de temperatura corporal para el control de los pacientes. Así mismo, la temperatura ambiental, dado sus implicancias en la regulación de la temperatura del cuerpo, debe ser monitoreada. Si la temperatura ambiental es muy alta, el cuerpo tiende a sudar, lo que provocará humedad en las heridas. Por lo tanto, también se debe monitorear la humedad en el aire para así asegurar un rápido proceso de curación. Otro factor relevante son los niveles de oxígeno en sangre, ya que el oxígeno es el encargado de producir energía, transportar defensas, crecimiento celular, síntesis de colágeno, entre otros (pp. 6 - 7).

Entre las posibles limitaciones gubernamentales que existen sobre el uso de dispositivos IoT en Costa Rica se encuentra la Ley 8968 de protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales que, según Asamblea Legislativa de Costa Rica (2011), su objetivo es:

Esta ley es de orden público y tiene como objetivo garantizar a cualquier persona, independientemente de su nacionalidad, residencia o domicilio, el respeto a sus derechos fundamentales, concretamente, su derecho a la autodeterminación informativa en relación con su vida o actividad privada y demás derechos de la personalidad, así como la defensa de su libertad e igualdad con respecto al tratamiento automatizado o manual de los datos correspondientes a su persona o bienes. (art. 1)

En palabras resumidas, la Ley 8968 vendría a limitar la capacidad de las instituciones y empresas para dar uso a los datos de sus usuarios e impone ciertas prohibiciones y tratamientos para los mismos. De igual forma, otra posible limitante para la CCSS sería lo estipulado en la Ley de Empleo Público (Ley 10159), la cual *grosso modo* vendría a establecer un tope salarial a los empleados públicos, cuyo objetivo se define en Asamblea Legislativa de Costa Rica (2022) de la siguiente manera:

Regular las relaciones estatutarias, de empleo público y de empleo mixto, entre la Administración Pública y las personas servidoras públicas, con la finalidad de asegurar la eficiencia y eficacia en la prestación de los bienes y servicios públicos, así como la

protección de los derechos subjetivos en el ejercicio de la función pública en el estado social y democrático de derecho, de conformidad con el imperativo constitucional de un único régimen de empleo público que sea coherente, equitativo, transparente y moderno. Establecer, para igual trabajo, idénticas condiciones de eficiencia, puesto, jornada y condiciones, igual salario, que les procure bienestar y existencia digna a las personas servidoras públicas. (art. 1)

Metodología

Para el correcto desarrollo y comprensión de este estudio, se procede a describir el proceso metodológico que se utiliza para la definición de componentes y ejecución de las actividades que se llevarán a cabo, siempre con el objetivo de obtener los mejores resultados disponibles de la investigación, así como el enfoque. Se describirá el tipo de estudio, la muestra, el tipo de muestreo, la hipótesis y los instrumentos de recolección de datos.

La metodología utilizada en esta investigación es de tipo cualitativo, debido a que su finalidad es explorar la teoría, el entorno y comprender diferentes perspectivas de forma objetiva; así como Maxwell (2019) la define: “aquella cuyo propósito es ayudar a comprender: los sentidos y las perspectivas de las personas estudiadas, esto es, ver el mundo desde sus puntos de vista en lugar de acudir, simplemente, al punto de vista propio del investigador” (p. 11).

Para la recopilación de datos, se toma en cuenta la opinión y perspectiva de cinco personas expertas en el área de la salud, seleccionadas mediante un muestreo intencional o por conveniencia, debido a que, de esta forma, generará la información necesaria para responder las preguntas y entrevista propuesta, las cuales están anexadas al final de la investigación. Estos profesionales fueron escogidos por el gran valor que pueden aportar a la investigación, debido a su profesión; los cuales son: una enfermera del Hospital de Pérez Zeledón, una doctora del EBAIS de Curridabat, un enfermero del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia y un profesor universitario con el cargo de asesor de la Gerencia General de la Caja Costarricense de Seguro Social. Del mismo modo, mediante muestreo intencional, se toma en cuenta el testimonio de cinco pacientes con conocimiento relevante del día a día de los procesos médicos y técnicos que se manejan en dentro de la CCSS.

Al leer el trasfondo del tipo de preguntas mencionadas en el anexo, como propuesta de entrevista, cabe mencionar que la investigación busca ser de tipo descriptiva, se intenta describir el estado actual de la CCSS, sus iniciativas y sus desafíos para alcanzar una atención más moderna y tecnológica, siempre con el objetivo de mejorar la calidad de la atención de los pacientes.

Para obtener la información requerida de la población de estudio, sus historias, experiencias y perspectivas, se utiliza la técnica de entrevistas individuales estructuradas que permitan llevar el hilo de conversación a través de preguntas previamente generadas y ordenadas, con el objetivo de que el entrevistado ilustre sobre lo que realmente se necesita comprender. El

método consiste en conocer más a profundidad a los profesionales y los procesos médicos o técnicos con una serie de preguntas en sesiones de aproximadamente 30 minutos.

Gracias a la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2, la tecnología y los medios de comunicación a distancia se han proliferado, medios como lo son las videollamadas que permiten la comunicación remota tanto personal como laboralmente. Dado que el COVID-19 continúa afectando las interacciones sociales por el temor a contagiarse, además, pensando en la comodidad y facilidad para la población meta, se buscó una opción para reemplazar el “cara a cara” de las entrevistas presenciales, por lo que se decidió optar por el mismo método de entrevista, pero incluyendo la distancia social, a través de reuniones digitales utilizando la herramienta Teams, *software* de Microsoft.

La hipótesis que la investigación intenta responder o aclarar se basa profundamente en el conocimiento adquirido durante la constitución del marco teórico, en experiencias de los autores y el profesional conocimiento adquirido. De este modo, se realiza la conjetura de que la CCSS, a pesar de sus esfuerzos por dar el mejor servicio a sus pacientes, carece de medios tecnológicos basados en IoT que permitan brindar diagnósticos oportunos a sus pacientes y que esto se debe, en gran medida, a desconocimiento; además, que sus esfuerzos por sostenerse como uno de los sistemas de salud más económicos de la región latinoamericana han mermado su implementación, a pesar de ser Costa Rica de los países de tercer mundo con mejor educación y posición socioeconómica frente a sus pares.

Análisis de resultados

Para la recopilación de datos, se solicitó la cooperación de cinco profesionales de la CCSS relacionados con el área médica, un profesional en el sector de la tecnología de información (TI) y seis pacientes que contaran con la experiencia de recibir atención médica por parte de la CCSS. De los cuales se confirma una entrevista con el asesor de Gerencia General en el área de TI, tres enfermeros, dos médicos generales, así como la asistencia de cuatro pacientes. Dichas entrevistas fueron llevadas a cabo por medio de sesiones en la herramienta MS Teams.

Las sesiones tuvieron una duración aproximada de 30 minutos y las preguntas hechas durante la entrevista fueron abiertas, por lo que las respuestas brindadas por los participantes fueron bastante detalladas y de gran utilidad para obtener información de los procesos médicos y conocimiento o usos de la tecnología IoT. Se seleccionó dicha muestra para obtener información tanto de los profesionales que laboran en la CCSS como de pacientes que tuvieron la experiencia de ser atendidos por la misma, lo que benefició a la investigación en conseguir tanto la perspectiva del profesional como la del paciente.

Al consultarles sobre la tecnología y dispositivos IoT, hubo una parte de los entrevistados tanto profesionales como pacientes que no conocía su significado o para qué se usaba la tecnología en la actualidad. Sin embargo, al brindar ejemplos de aparatos IoT de la vida cotidiana como

lo pueden ser los celulares, sensores o relojes inteligentes, el 100% de los entrevistados comentó conocer esos dispositivos e incluso utilizarlos, pero solo la minoría de los participantes sabían que dichos dispositivos se relacionaban con el concepto del IoT. Relacionado a esto, cuando se realizó la pregunta de cuáles dispositivos IoT se están usando en procesos médicos, la mayoría de los profesionales entrevistados no logró identificar cuáles aparatos se utilizan dentro de la CCSS. Sin embargo, al igual que la anterior, después de entender el término IoT por medio de los ejemplos que se suministraron de la vida cotidiana y del área médica, lograron brindar mecanismos y dispositivos que han visto implementados dentro de la CCSS.

Al contrario de los profesionales médicos que todos lograron identificar sistemas IoT utilizados por la CCSS, en el caso de los pacientes, solamente una persona no logró brindar ejemplos de dispositivos médicos que se utilizan internamente. EDUS y los monitores fueron de los mecanismos más reconocidos por los entrevistados como tecnología IoT, respuestas que eran de esperar, ya que EDUS es una aplicación lanzada oficialmente por la CCSS, la cual le permite a los ciudadanos costarricenses tener acceso a la información relevante de su expediente desde sus dispositivos inteligentes como celulares o computadoras. Del mismo modo, los monitores son una máquina bastante reconocida y utilizada durante años, han sido mejorados con el tiempo, al punto de que los profesionales entrevistados comentan que están interconectados entre sí para mandar señales de alerta a diferentes cuartos, en caso de detectar una anomalía; de esta forma, si el enfermero a cargo del paciente no está en el cuarto, otros doctores y el mismo enfermero se pueden enterar de la señal de alarma a larga distancia.

Se logró recabar, por parte de los profesionales, más información contextual sobre la CCSS, donde indicaron datos puntuales como los siguientes: la CCSS es el tercer sistema de salud a nivel mundial y el sistema EDUS también es el único de su tipo a nivel mundial. Dicho sistema, a través de un arduo trabajo de 5 años de implantación, por fin se ha logrado colocar en el 100% del país, y al hablar del país, es importante mencionar que la CCSS tiene presencia total en todo el territorio nacional. Son 17 000 metros cuadrados de construcción distribuidos de la siguiente manera: siete regiones divididas en 106 áreas de salud (Clínicas), 24 hospitales, 1 228 puestos de visita periódica (EBAIS), además, varios hospitales especializados. Diariamente, la CCSS brinda alrededor de 400 000 consultas de médicos generales y se invierten más de 5 000 000 000 de colones al mes en exámenes de diagnóstico y medicamentos.

Se encontró una característica interesante entre los resultados brindados por los pacientes, al momento de preguntar sobre la opinión que tienen sobre los procesos médicos que se realizan en la CCSS desde el momento que se asiste, hasta el momento que reciben los resultados, coincidieron en que son procesos muy tediosos, burocráticos y que toman mucho tiempo. De hecho, tres pacientes abarcaron más este tema contando la experiencia por la que tuvieron que pasar para poder recibir atención en la Caja. Los tres realizaron comentarios similares sobre que, al momento de querer realizar gestiones para sus consultas, tenían que desplazarse de un lado para otro en busca de papeles y requisitos que les solicitaban para continuar con su procedimiento. De la misma forma, explicaron que consideran que esos procesos por los que tuvieron que pasar pueden ser mejor gestionados por la administración.

Aunque todos los pacientes hayan comentado que sus experiencias fueron tediosas y lentas al momento de ser atendidos con la CCSS, consideran que realmente el personal médico lo manejan bien. Hubo un paciente entrevistado que destacó que, aun siendo muy burocrático el proceso, considera que los servicios que se llevan a cabo en la institución son muy buenos, principalmente para aquellos procedimientos complejos como lo pueden ser las operaciones o cirugías; esto se debe a que los profesionales que trabajan internamente son muy bien formados. Cuando se habla de procedimientos cortos como un dolor de estómago o una gripe, los cataloga como procedimientos más cansados y fastidiosos para realizarse dentro de la institución pública y, de hecho, un profesional entrevistado afirmó que dichos pacientes que buscan ser atendidos por un problema “pequeño” similar son los de mayor espera, porque no son urgentes. También agregó que en varias ocasiones los pacientes buscan la incapacidad, tomando el lugar de otra persona que puede necesitar del cupo más.

Los entrevistados comentan que hay muchos pacientes que van en la madrugada a realizar filas para poder agendar una cita, citas que liberan a las 5 de la mañana, por lo que deben madrugar para poder agarrar algún cupo. Consideran que, al existir una herramienta como EDUS, debería sacársele más provecho en el tema de agendar citas por dicha vía, sin embargo, se encontró una opinión distinta por parte de uno de los entrevistados profesionales. El doctor mencionó que actualmente la herramienta de EDUS solo tiene un cupo limitado de espacios para agendar citas desde la aplicación, dependiendo del EBAIS, ya que algunos tienen más espacios que otros para agendar citas vía digital. Dicho doctor comentó que los cupos limitados tienen una justificación, se debe a que hay muchas personas que no están al tanto de cómo funciona EDUS, no tienen acceso sencillo a la tecnología o no suelen utilizar dispositivos inteligentes, por dicha razón la CCSS consideró a estas personas y agregó el cupo limitado en EDUS. También un cupo limitado a agendar una cita presencialmente, para tampoco dejar afuera a las personas que agendan por la aplicación, de esta forma, es más justo para ambos.

Sobre la pregunta acerca de dispositivos IoT actualmente implementados en la CCSS, el asesor de Gerencia General comentó, y se pudo verificar, que actualmente la CCSS está explotando todo lo que son *wearables* a través de EDUS. Este aplicativo brinda a los usuarios la posibilidad de sincronizar su cuenta de Google Fit para así poder captar los indicadores de salud, como lo son pulsaciones, caminatas, presión arterial, peso, altura, temperatura corporal, saturación de oxígeno en sangre y glucemia. Esta última, según Google (s.f.): “Permite a los desarrolladores cargar datos de salud y bienestar a un repositorio central ... La aplicación de salud y bienestar puede almacenar datos de cualquier *wearable* o sensor, y los datos pueden ser accedidos por otras aplicaciones” (p. 1) (Traducción libre del autor).

Comentaba también el asesor de Gerencia General que hoy en día se cuenta con dispositivos de telesalud, son pantallas que tienen un costo de unos 30 millones de colones cada una, su costo se debe a que permiten a los doctores ver en súper alta definición a los pacientes a través del monitor, lo que les facilita poder dar un mejor diagnóstico del paciente. Además, hay un proyecto tecnológico a nivel institucional que busca traer el IoT médico a la CCSS de forma paulatina, así como proyectos para mejorar la operativa médica de las listas de espera, y para

fortalecer el primer y segundo nivel de atención. Sin embargo, el costo de llevar estos dispositivos a todos los pacientes de la CCSS es muy elevado, y explicaba que, en términos económicos y de procesos, el objetivo de la CCSS es garantizar y fortalecer el estado de salud pública. Entonces, para todo proyecto que se realiza, lo que busca es tener un impacto en la sociedad y, en segunda instancia, se preocuparía por afinar procesos y hacerlos más eficientes.

Discusión de los resultados

Al momento de hablar del término IoT, se puede definir como lo explica Brief (2019): “IoT transforma objetos físicos en dispositivos inteligentes para recopilar, comunicar, monitorear e interpretar información de su entorno en tiempo real” (p. 7) (Traducción libre del autor). Sin embargo, la mayoría de los participantes entrevistados no logró explicar qué era la tecnología IoT y la minoría de los entrevistados que sí lograron explicar el IoT, lo hicieron por medio de ejemplos más comunes de la vida cotidiana y no tanto por el concepto de la palabra. De igual forma, los entrevistados que no pudieron identificar el concepto, después de los ejemplos brindados, lograron asociar con otros dispositivos.

Después de realizar una introducción sobre el IoT para aquellos entrevistados que no asociaban su concepto, se observó que los dispositivos más comunes reconocidos por ellos están asociados al reconocimiento de actividad, así como las pulseras para medir pulsaciones al realizar ejercicio o calcular distancias al trotar al aire libre. Los datos brindados por los entrevistados coincidieron exactamente con lo que menciona Mamdiwar et al. (2021), la aplicación del IoT más explotada se encuentra en los dispositivos relacionados con la actividad física, como lo pueden ser los relojes deportivos que pueden contar cantidad de pasos realizados, sensores para medir la altitud sobre el nivel del mar, GPS, sensores cardiacos, etc. (p.10).

Como indica Pastor (2021), hay distintas maneras de poder monitorear el sistema respiratorio, como por medio de un sensor de bioimpedancia, el cual es colocado encima del abdomen y mediante electrodos puede medir el paso de la corriente eléctrica, también tiene la capacidad de medir el movimiento del pulmón al respirar. Pero, al entrevistar a un paciente que fue atendido por la CCSS, comentó que tuvo una mala experiencia al estar siendo rehabilitado después de un accidente, porque estaba usando una máquina para controlar su respiración, sin embargo, hubo un momento donde la máquina estaba apagada y entró a un sentimiento de ahogamiento por un rato, no fue hasta que una enfermera tuvo que revisar la máquina y notó que no estaba encendida. Si hubiera existido un monitoreo respiratorio del paciente, los enfermeros y doctores hubieran notado la falta de respiración (Mamdiwar et al., 2021, pp. 10-14).

Sattar et al. (2019) mencionan que la monitorización de la temperatura es importante para el tema de las heridas, ya que la temperatura ambiental afecta la regulación de la temperatura del cuerpo. Si la temperatura ambiental es muy alta, puede provocar humedad por el sudor en las heridas de los pacientes, lo que afectaría su recuperación. Con un sistema IoT monitoreando los grados, puede regular la calefacción o enfriamiento de un cuarto para controlar la

temperatura ambiental. A diferencia de la CCSS, no maneja un sistema similar, sin embargo, un paciente entrevistado comentó que sus heridas y lesiones sí eran monitoreadas diariamente y más de una vez al día por especialistas en el área.

La modalidad virtual se ha hecho más conocida, con el acontecimiento de la pandemia, muchos sectores empezaron a utilizar más esta modalidad e incluso en el área de la salud se empezó a aplicar más la telemedicina. El asesor de gerencia general de la CCSS, entrevistado profesional, mencionó que en la actualidad cuenta con dispositivos para realizar consultas de telesalud, los cuales son pantallas que permiten a los doctores observar en una alta definición a los pacientes por medio de la pantalla y, de esta manera, lograr un diagnóstico. Tal como coincide Chunara et al. (2021), quienes informan que: “la telemedicina se convirtió en un punto de entrada necesario en el proceso de diagnóstico, clasificación y tratamiento” (p. 1) (Traducción libre del autor).

Tal como sugieren Ahsan et al. (2022), el IoT se encuentra presente en muchos sectores de la industria a nivel mundial, porque la tecnología brinda varios beneficios y contribuciones en muchas aplicaciones y servicios, como lo puede ser en la industria médica, la cual es un segmento que le puede sacar mucha ventaja a su uso (p. 1). De acuerdo con los entrevistados, principalmente los profesionales de la CCSS, sí brinda beneficios, especialmente uno de los entrevistados destacó el uso de los monitores en el área de cuidados intensivos y cómo la máquina manda señales de alarma en caso de detectar anomalías en el paciente, a la vez que comentó que la señal se manda a otros cuartos para avisar a doctores, en caso de que la persona encargada del paciente no esté disponible en ese preciso momento en que se activa.

También Lee y Yoon (2021) indican que el sector de la salud es una de las industrias que se ha unido en los últimos años al uso de la tecnología IoT, y no solamente a esto, sino que también se utiliza otros temas técnicos que pueden ser acompañados de los dispositivos relacionados con el internet de las cosas, como lo puede ser la inteligencia artificial, el *big data*, *machine learning* y el uso de robots para mejorar la calidad de atención y eficiencia de los procesos médicos (p. 1). Los entrevistados no estaban seguros del todo si alguna de estas otras tecnologías se utilizaba, sin embargo, un entrevistado profesional más enfocado al sector de tecnologías de información y gerencia general dentro de la CCSS, comentó que hay otras implementaciones tecnológicas que vienen de camino para poder darle una trazabilidad a los pacientes por medio de códigos QR, dispositivos lectores y sensores. Además, agregó que se ha estado comprando elementos informáticos con los que se planea recopilar información por medio de IoT para generar *big data*, con el fin de, en un futuro, poder explotarla en procesos de analítica y *machine learning*.

Bertalan y Marton (2020) definen el *machine learning* como la capacidad de brindar a: “las computadoras la habilidad de aprender [de forma independiente] tareas para las que no fueron programadas. Si se alimenta un algoritmo con datos con [la cantidad y] calidades suficientes” (p. 13) (Traducción libre del autor). Se les preguntó a los entrevistados profesionales sobre si conocían el concepto, sin embargo, no conocían con claridad la definición de *machine learning*. Se les comentó que, en países más avanzados

tecnológicamente, existían casos en el sector de la medicina, donde la inteligencia artificial era utilizada en conjunto con el IoT, por ejemplo, al realizar una radiografía digital, para luego ser subida a un proceso en la “nube”, donde la inteligencia artificial puede clasificar o identificar posibles tumores existentes y, de esta manera, hacer el proceso de diagnóstico automatizado para los médicos. Los profesionales entrevistados respondieron que les parecía una gran solución, pero que, por el momento, no hay implementación parecida en el sector público.

Un entrevistado profesional en el área de gerencia general de la CCSS brindó el dato de que, al día, se realiza en todo el país una cantidad de 400 000 consultas de médicos generales, a la vez que otro doctor mencionó que, en promedio, se realizan 36 consultas al día en el EBAIS que trabaja. De igual forma, comentó que la cantidad de consultas puede variar entre las diferentes ubicaciones. La cantidad de consultas al día concuerda mucho con lo que indican Kenny y Priyadarshini (2021), donde la industria médica se ha convertido en una de las de mayor crecimiento en los últimos años y que continúa aumentando por el crecimiento de la población, estimando un aproximado de 8.6 miles de millones para el 2030 a nivel mundial, lo que provoca una necesidad mayor en la atención y tratamientos médicos (p. 1).

Según Selvaraj (2020), los mayores retos en torno a los sistemas de salud son: a) estos dispositivos pueden ser incómodos para el cuerpo de los pacientes, b) la información puede verse afectada por ruido en la comunicación y la señal, c) cuanto mayor sea la cantidad de sensores, mayor es la cantidad de energía y recursos requeridos, d) monitorear a muchos usuarios de IoT requiere mucho más almacenamiento, situación que puede ser superada usando la nube, sin embargo, esto incrementará la complejidad; e) la privacidad, ya que los dispositivos son más vulnerables a ataques, debido a que su capacidad reducida de recursos dificulta la aplicación de técnicas de encriptación (p. 18).

Sobre lo anterior, uno de los entrevistados indicó que existen varios retos para la CCSS que van en esta misma línea, como es el mantenimiento necesario para la operativa de la tecnología, es decir, actualizaciones, soporte y accesibilidad. También el hecho de que estos proyectos son muy costosos y, en muchos casos, puede que la inversión, lejos de generar un ahorro económico, genera una carga adicional para la institución; pero esto es soportable, si dicha inversión tiene un impacto positivo en la salud del paciente. Para mitigar estos costos operativos, la CCSS tiene los EBAIS, las áreas de salud, hospitales regionales, nacionales y especializados, todos estos son los niveles por los que un paciente debe transitar para ser atendido. Cada nivel tiene posee equipos y procedimientos que intentarían ayudar al paciente y de no ser suficiente, avanzaría al siguiente nivel cada vez con equipo más especializado, ya que surtir a los niveles más bajos con estos equipos supondría un costo tan elevado que pondría a la CCSS en la quiebra.

La misma persona hizo referencia a limitaciones gubernamentales que tiene la CCSS por ser una institución pública, como lo es la Ley de Protección de la Persona frente al tratamiento de sus datos personales que la Asamblea Legislativa de Costa Rica (2011) explica y se refiere en su artículo 10 sobre seguridad de los datos: “No se registrarán datos personales en bases de datos que no reúnan las condiciones que garanticen plenamente su seguridad e integridad, así

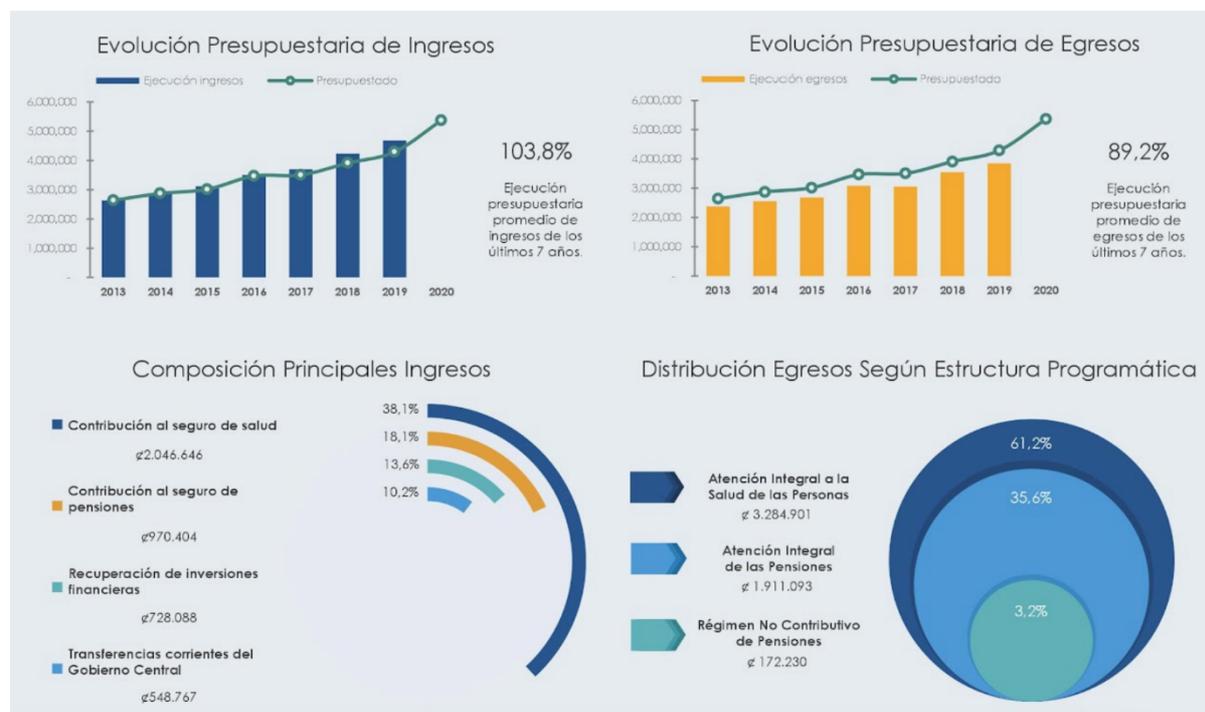
como la de los centros de tratamiento, equipos, sistemas y programas” (art. 10). Así mismo, la misma ley estipula como parte de su artículo 30 sobre faltas graves lo siguiente: “b) Transferir datos personales a otras personas o empresas en contravención de las reglas establecidas en el capítulo III de esta ley” (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 2011, art. 30). También sobre la Ley de Empleo Público establecida en Asamblea Legislativa de Costa Rica (2022), cuyo fin, entre otras, es poner un tope y limitaciones a los salarios de empleados públicos con el objetivo de sanar las finanzas del estado (art. 30).

Sobre lo mencionado previamente, el entrevistado comentaba que estas leyes suponen un gran limitante, dado que es necesario llevar la arquitectura que actualmente está en desarrollo a la nube, con el fin de realizar procesamientos más complejos en los datos, como lo son los procesos de *machine learning*, y esto va de la mano con la Ley de Empleo Público, ya que limita la capacidad de la institución para conseguir personal competente. Indicaba que se requiere informáticos expertos en tecnologías de la información que también posean experiencia en el área médica, con ciertas habilidades y competencias; dichos profesionales se cotizan por un salario muy alto en el mercado que podría andar por los 3 000 000 de colones y con esta ley su salario tope sería de unos 800 000 colones.

Otro factor que afecta en gran medida la estabilidad financiera de la CCSS y, por ende, la capacidad para sostener proyectos tecnológicos, es la forma como operan sus ingresos (ver figura 1).

Figura 1.

Presupuesto de ingresos y egresos de la CCSS para 2020.



Nota. La figura representativa de los presupuestos de ingresos y egresos de la CCSS para 2020. Fuente: tomado de *Presupuestos Públicos situación y perspectivas*, por Contraloría General de la República, 2021,

p. 1 (<https://sites.google.com/cgr.go.cr/ipp2020-situacionyperspectivas/an%C3%A1lisis-de-instituciones-seleccionadas-y-sector-municipal/caja-costarricense-de-seguro-social>).

Como dato importante, de los principales ingresos de la CCSS, un 56.2% de ellos provenían de las aportaciones obrero/patronales, es decir, un porcentaje de los salarios de cada trabajador dividido entre contribuciones al seguro de salud y contribuciones al seguro de pensiones. Luego, un 10.2% son aportaciones del gobierno, debido a ser una institución pública, y el restante 33.6% se compone de inversiones, recuperación de préstamos, financiamiento externo y recursos obtenidos de presupuestos anteriores, entre otros.

Del presupuesto anterior, solo un 61.2% es invertido en la atención a la salud de las personas, de ese porcentaje, la principal prioridad es generar un impacto en la salud de los pacientes y, en segundo lugar, la mejora de los procesos; dato confirmado por el asesor de Gerencia General, quien comentó que un pequeño porcentaje es dedicado a los proyectos tecnológicos, y que otro de los impedimentos es la sostenibilidad financiera de la CCSS que se ve altamente comprometida por el aspecto socioeconómico del país, ya que se trabaja más en lo informal que en lo formal, hay más despidos, más pobreza y todo esto tiene un impacto directo sobre las finanzas de la Caja.

La coordinación entre instituciones es otro de los factores que ralentizan las implementaciones de IoT para la CCSS. Según comenta uno de los entrevistados, la institución por su tamaño requiere de mucha coordinación con otras instituciones, como lo son el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), la Radiográfica Costarricense S.A. (RACSA), el Ministerio de Salud, Municipalidades, la Asamblea Legislativa, empresas proveedoras de servicios médicos como SIEMES y CAPRIS, entre otras instituciones.

Conclusiones y recomendaciones

El internet de las cosas es una de las tecnologías más predominantes a la fecha de esta investigación, posee aplicaciones en diferentes áreas de la vida, una de ellas es el área médica, donde existen muchos dispositivos y usos para mejorar la atención de los pacientes. La CCSS es una institución pública que gestiona uno de los mejores sistemas de salud de la región brindando atención a muy bajo costo a toda la población costarricense; en la investigación, doctores, enfermeros y pacientes consideran que el IoT mejoraría su calidad de vida al mejorar los procedimientos realizados en la atención médica.

Sobre el primer objetivo, descubrir las mejoras que brinda IoT en el monitoreo de los pacientes, al comprobar cuáles son las mejoras que brinda el IoT en el monitoreo de los pacientes a nivel mundial, se pudo observar que existe mucha tecnología avanzada e implementada principalmente en países más desarrollados. Sin embargo, a nivel nacional no es igual de avanzada la tecnología IoT que se utiliza para monitorear pacientes; esto no quiere decir que las estrategias utilizadas en el sector público de la medicina no ofrezcan mejoramientos en los

procesos de monitorización, de hecho, lo hacen, pero a una menor escala comparado con países de primer mundo. Las mejoras son vistas cuando los pacientes están en cuidados intensivos, donde los enfermos y doctores reciben señales de alarma, a otros cuartos, en caso de que el monitor detecte una anomalía principalmente en los signos del paciente o lesiones. Se recomienda que la CCSS continúe con la implementación de otras soluciones IoT para el monitoreo respiratorio, temperatura y de caídas, de esta manera, los pacientes podrán ser más controlados en otros aspectos.

En conclusión, sobre el segundo objetivo, modelar los escenarios en los que el IoT puede mejorar el diagnóstico de los pacientes, al revisar los escenarios en los que se utiliza IoT para mejorar el diagnóstico de los pacientes a nivel mundial, se encontró que existen varios métodos avanzados que involucran el IoT, la inteligencia artificial y otras tecnologías, los cuales se utilizan en países más desarrollados, para el diagnóstico de pacientes, como la detección de tumores en radiografías digitales, entre otras. La CCSS, al igual que el anterior, no tiene la tecnología tan avanzada como con el ejemplo mencionado que utiliza AI, pero sí tienen planeado implementaciones en relación con los códigos QR, dispositivos de sensores, lectores y EDUS. Por lo que se recomienda seguir con la implementación de los nuevos dispositivos y realizar capacitaciones a los doctores para entender el concepto de los nuevos mecanismos relacionados al internet de las cosas.

Sobre el cuarto objetivo, valorar los dispositivos más utilizados de IoT en el campo de la medicina a nivel mundial, en otras latitudes se está utilizando IoT médico para registrar los indicadores de salud de los pacientes mediante diversos dispositivos, como lo son las pulseras y relojes inteligentes que permiten realizar reconocimiento de actividad, debido a que portan diferentes sensores para leer parámetros como pulsaciones cardíacas, pasos, oxígeno en sangre, entre otros. Se utilizan, además, sensores cardíacos especializados para realizar electrocardiogramas en tiempo real, sensores de glucosa en sangre, de bioimpedancia para medir la respiración y movimiento de los pulmones, sensores de temperatura corporal, la telemedicina, sensores de caídas e incluso diferentes sensores para facilitar la curación de heridas abiertas.

En el contexto costarricense, la CCSS ha hecho un gran esfuerzo en la implementación de un sistema central capaz de unificar la información de todas sus locaciones de salud, con el objetivo de digitalizar el expediente e historial clínico de los pacientes. Este sistema llamado EDUS, entre los 17 sistemas que lo conforman, es capaz de registrar los signos vitales de los pacientes haciendo uso de la sincronización con Google Fit. Además, existen iniciativas para llevar la telemedicina a los hospitales y también están en marcha proyectos para implementar IoT médico. Sin embargo, la CCSS enfrenta una serie de retos y limitaciones que ralentizan los esfuerzos de nuevas implementaciones de IoT, entre los que se encuentran:

- Los costos de implementación en la CCSS son muy elevados, debido a su expansión geográfica, y a la reciente crisis económica que enfrenta el país, las cotizaciones de los trabajadores se verán mermadas.

- Existe una gran demanda de sus servicios, por lo que su prioridad es la salud de sus pacientes por encima de la mejora de procesos.
- Las restricciones gubernamentales y sus leyes ralentizan las iniciativas y menoscaban la capacidad de la CCSS para conseguir los recursos necesarios.
- La complejidad para coordinar a las diferentes instituciones necesarias para adquirir los permisos e infraestructura requerida.

Se recomienda ampliar las funcionalidades del aplicativo EDUS antes de lanzar nuevas implementaciones, para generar confianza tanto gubernamental como de los pacientes y, de esta forma, facilitar la implantación de nuevas tecnologías.

En relación con el cuarto objetivo, demostrar cómo el IoT puede reducir el tiempo de atención médica; gracias al IoT, los doctores pueden tener información relevante de los pacientes en el momento de la consulta mediante el historial de signos vitales registrados por sensores, como lo son las pulseras y relojes inteligentes; anteriormente, debido a la burocracia y el papeleo, los pacientes de la CCSS debían hacer largas filas para esperar por resultados e ir de un área a otra del hospital. Además, la mayoría de los pacientes entrevistados creen que la aplicación EDUS se creó solo para obtener citas, y no mostraron conocimiento sobre el resto de las capacidades. En la misma línea, sería de mucha utilidad para los doctores y enfermeros disponer del historial clínico desde la primera consulta del paciente, para así poder deducir el tiempo de estas. Por lo tanto, se recomienda promocionar las capacidades de la aplicación EDUS como lo son el registro de signos vitales y otras de sus funcionalidades. Así mismo, extender el uso de la telemedicina en la aplicación para evitar a los pacientes ir a los hospitales solo por consultas de seguimiento y, de esta forma, habilitar más espacios para otras personas en los centros de salud.

Referencias

- Ahlawat, P., y Rana, C. (2021). An Era of Recommendation Technologies in IoT: Categorisation by techniques, Challenges and Future Scope. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 29(4), 2355–2381. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=153506139&lang=es&site=ehost-live>
- Ahsan, T., Zeeshan khan, F., Iqbal, Z., Ahmed, M., Alroobaea, R., Baqasah, A. M., Ali, I., y Raza, M. A. (2022). IoT Devices, User Authentication, and Data Management in a Secure, Validated Manner through the Blockchain System. *Wireless Communications & Mobile Computing*, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2022/8570064>
- Alshamrani, M. (2021). IoT and artificial intelligence implementations for remote healthcare monitoring systems: A survey. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.06.005>
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (2011). *Ley 8968: Protección de la Persona frente al tratamiento de sus datos personales*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=70975&nValor3=85989
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (2022). *Ley 10159: Ley Marco de Empleo Público*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC¶m2=1&nValor1=1&nValor2=96521&nValor3=129344&strTipM=TC&lResultado=1&nValor4=1&strSelect=sel
- Baldassarre, A., Mucci, N., Padovan, M., Pellitteri, A., Viscera, S., Lecca, L. I., ... y Arcangeli, G. (2020). The Role of Electrocardiography in Occupational Medicine, from Einthoven's Invention to the Digital Era of Wearable Devices. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 4975.
- Bertalan, M., y Marton, G. (2020). A short guide for medical professionals in the era of artificial intelligence. *NPJ Digital Medicine*, 3 (126), 1-8.
- Bolhasani, H., Mohsenib, M., y Rahmanic, A. M. (2021). Deep learning applications for IoT in health care: A systematic review. *Informatics in Medicine Unlocked*, 23 (100550). <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100550>
- Brief, I. L. (2019). *Internet of things*. IRENA. https://elk.adalidda.com/2019/09/IRENA_Internet_Of_Things_2019.pdf
- Chanchí, G. E., Ospina, M. A., y Monroy, M. E. (2020). Arquitectura IoT para el desarrollo de sistemas de monitorización y análisis de variables fisiológicas en el área de asistencia médica. *Investigación e Innovación En Ingenierías*, 8, 1–13. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.3.4699>

- Chunara, R., Zhao, Y., Chen, J., Lawrence, K., Testa, P. A., Nov, O., y Mann, D. M. (2021). Telemedicine and healthcare disparities: a cohort study in a large healthcare system in New York City during COVID-19. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 28(1), 33-41. <https://academic.oup.com/jamia/article/28/1/33/5899729?login=true>
- Contraloría General de la República. (2020). *Presupuestos Públicos 2020: Situación y perspectivas*. Recuperado el 1 de marzo de 2022 de <https://sites.google.com/cgr.go.cr/ipp2020-situacionyperspectivas/an%C3%A1lisis-de-instituciones-seleccionadas-y-sector-municipal/caja-costarricense-de-seguro-social>
- Evans-Meza, R., Bonilla-Carrión, R., y Salvatierra-Durán, R. (2020). Policies to control the COVID-19 pandemic in Costa Rica. *Gaceta Médica de Caracas*, 128, S218–S226. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_gmc/article/view/20658
- Georgios, L., Kerstin, S., y Theofylaktos, A. (2019). Internet of things in the context of industry 4.0: An overview. *International Journal of Entrepreneurial Knowledge*, 7(1), 4-19 http://dspace.vsp.cz/bitstream/handle/ijek/103/IJEK-1-2019%2cv.7_lampropoulos%2cgsiakas%2ck.anastasiadis%2ct...pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Google (s.f.). *Platform Overview*. Google Fit. Recuperado el 3 de 2022 de <https://developers.google.com/fit/overview>
- He, Y., Fu, B., Yu, J., Li, R., y Jiang, R. (2020). Efficient Learning of Healthcare Data from IoT Devices by Edge Convolution Neural Networks. *Applied Sciences (2076-3417)*, 10(24), 8934. <https://doi.org/10.3390/app10248934>
- Kenny, C., y Priyadarshini, A. (2021). Review of current healthcare waste management methods and their effect on global health. *Healthcare*, 9(3), p. 284. <https://doi.org/10.3390/healthcare9030284>
- Lee, D., y Yoon, S. N. (2021). Application of artificial intelligence-based technologies in the healthcare industry: Opportunities and challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 271. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/1/271/htm>
- Mamdiwar, S., R, A., Shakruwala, Z., Chadha, U., Srinivasan, K., y Chang, C.-Y. (2021). Recent Advances on IoT-Assisted Wearable Sensor Systems for Healthcare Monitoring. *Biosensors*, 11(10), 372. <https://doi.org/10.3390/bios11100372>
- Maxwell, J. A. (2019). *Diseño de investigación cualitativa* (Vol. 241006). Editorial Gedisa.
- Molina, J. P., y Umaña, L. A. (2019). *Propuesta para la implementación de un plan de mejora que permita la optimización de la cadena de procesos internos estadísticos en salud de Costa Rica del AES de la CCSS* [tesis de grado, Universidad Técnica Nacional, Costa Rica]. Repositorio de UTN. <https://repositorio.utn.ac.cr/handle/20.500.13077/301>

- Pastor, J. (11 de agosto de 2021). *Así funciona el sensor de composición corporal*. Xacata. Recuperado el 1 de marzo de 2022 de <https://www.xataka.com/relojes-inteligentes/asi-funciona-sensor-composicion-corporal-nuevos-galaxy-watch4-que-medir-imc-masa-osea-nuestro-cuerpo>
- Sattar, H., Imran, B. S., Amin, R. U., Sarwar, N., Jamil, N., y Malik, M. A. (2019). An IoT-Based Intelligent Wound Monitoring System. *IEEE Access*, 7 (44500-144515). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2940622>.
- Selvaraj, S. S. (2020). Challenges and opportunities in IoT healthcare systems: a systematic review. *SN Applied Sciences*, 2(139), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1925-y>
- Tiwari, A., Dhiman, V., Iesa, M. A. M., Alsarhan, H., Mehbodniya, A., y Shabaz, M. (2021). Patient Behavioral Analysis with Smart Healthcare and IoT. *Behavioural Neurology*, 2021, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2021/4028761>
- Zerón, A. (2019). El internet de las cosas de salud. *Revista ADM*, 76(2), 66–68. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=86609>

Anexo Propuesta de entrevistas

Parte I.

Contextualizar al entrevistado en los conceptos básicos de IoT y de los objetivos de la investigación, e informar de que su participación es de carácter confidencial y voluntaria. Para efectos de la entrevista se pedirá el consentimiento de los entrevistados para utilizar sus respuestas en el análisis de los resultados de la investigación en curso. Los entrevistados según sus contratos de confidencialidad con la Caja Costarricense de Seguro Social o sus propios intereses están en completa potestad de negarse a contestar parcial o en su totalidad la entrevista en el momento que lo desee. La entrevista tiene una duración máxima de 30 minutos.

Parte II.

Guía de preguntas para entrevista para los profesionales

1. Por favor indique su profesión y experiencia en el área médica.
2. ¿Por favor explique sus tareas en torno a la atención de pacientes y los procesos médicos que realiza dentro de la Caja Costarricense de Seguro Social?
3. ¿Cuáles son los procesos más comunes que se le realizan a los pacientes durante la atención médica?
4. ¿Sabía que los dispositivos inteligentes que transmiten información a un sistema central mediante internet, que los gestiona y permite tomar decisiones es lo que se conoce como internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés)? ¿Qué sabe sobre el IoT y sus usos en el sector médico en general? ¿Qué ha visto implementado?
5. ¿Antes de esta entrevista, qué conocimiento o noción tenía sobre el internet de las cosas?
6. Existen diferentes dispositivos IoT como por ejemplo etiquetas RFID (Identificación por Radio Frecuencia) para localización de pacientes y suministros dentro del hospital, sensores de reconocimiento de actividad como pulseras y relojes inteligentes, sensores para monitorear las pulsaciones del corazón y la presión sanguínea para realizar electrocardiogramas en tiempo real, sensores de monitoreo de glucosa en sangre, como capsulas endoscópicas que informan a personal médico sobre el estado de pacientes diabéticos, sensores de bioimpedancia para monitorear la respiración de los pacientes, termómetros inteligentes para medición de la temperatura corporal, sensores de detección de caídas, o incluso la telemedicina mediante aplicaciones móviles, llamadas telefónicas y video llamadas ¿Qué dispositivos de los mencionados anteriormente u otros similares se usan en la CCSS? ¿En caso de no ser utilizado ninguno, cuál considera que sería de utilidad para mejorar la atención a los pacientes?
7. ¿Cómo cree que se podrían mejorar los procesos médicos que se llevan a cabo en la CCSS? ¿Los considera eficientes?
8. ¿Se utiliza ahora o se planea la utilización dispositivos IoT para mejorar la atención de sus pacientes?
9. ¿Cuáles iniciativas de este tipo se han llevado a cabo?
10. ¿Considera que existe resistencia al cambio dentro de la CCSS para la implementación de estas tecnologías en los procesos médicos? ¿Cuáles cree que son los impedimentos?

Guía de preguntas para entrevista para los pacientes

1. Por favor indique su profesión y motivo de haber visitado la CCSS.
2. Describa cuales son los procesos médicos que se le han realizado al ser atendido
¿Cómo fue la calidad de la atención recibida?
3. ¿Sabía que los dispositivos inteligentes que transmiten información a un sistema central mediante internet, que los gestiona y permite tomar decisiones es lo que se conoce como internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés)? ¿Qué sabe sobre el IoT y sus usos en el sector médico en general? ¿Qué ha visto implementado?
4. ¿Antes de esta entrevista, qué conocimiento o noción tenía sobre el internet de las cosas?
5. Existen diferentes dispositivos IoT como por ejemplo etiquetas RFID (Identificación por Radio Frecuencia) para localización de pacientes y suministros dentro del hospital, sensores de reconocimiento de actividad como pulseras y relojes inteligentes, sensores para monitorear las pulsaciones del corazón y la presión sanguínea para realizar electrocardiogramas en tiempo real, sensores de monitoreo de glucosa en sangre, como capsulas endoscópicas que informan a personal médico sobre el estado de pacientes diabéticos, sensores de bioimpedancia para monitorear la respiración de los pacientes, termómetros inteligentes para medición de la temperatura corporal, sensores de detección de caídas, o incluso la telemedicina mediante aplicaciones móviles, llamadas telefónicas y video llamadas. En su paso por la CCSS ¿Cuáles dispositivos de los mencionados anteriormente u otros similares se utilizaron para monitorear su estado de salud? ¿En caso de no ser utilizado ninguno, cuales dispositivos considera que sería de utilidad para mejorar el monitoreo de los pacientes?
6. ¿Cómo cree que se podrían mejorar los procesos médicos que se llevan a cabo en la CCSS? ¿Los considera eficientes?
7. En caso de necesitar monitorear su estado de salud, ¿Cómo lo realizaron? ¿De no ser el caso, conoce a alguien que haya sido monitoreado periódicamente?
8. En promedio, ¿Cuánto dura la entrega de los resultados médicos que ha recibido? ¿Consideran que una respuesta rápida?
9. ¿Considera que su proceso de atención medica pudo haber sido realizado mediante telemedicina? ¿Por qué?
10. ¿En qué procesos de los que se le realizaron considera que se podría implementar tecnología IoT para agilizar y mejorar la eficiencia de la atención médica?