



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE COMPUTACIÓN**

**MODELO DE INFRAESTRUCTURA CONCEPTUAL PARA GESTIONAR LA
INFORMACIÓN DE LOS SERVICIOS DE UN HOSPITAL PÚBLICO DE TERCER NIVEL
DE GUAYAQUIL BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS Y BIG DATA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Ciencias de la Computación

AUTORES:

ROBERTO LEONIDAS GOYES REDROBAN

ESTEBAN AARÓN VERA REYES

TUTOR: MAXIMO GIOVANI TANDAZO ESPINOZA, Msc.

Guayaquil – Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Roberto Leonidas Goyes Redroban con documento de identificación N° 0931616445 y Esteban Aarón Vera Reyes con documento de identificación N° 0954558649 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de julio del año 2023

Atentamente,



Roberto Leonidas Goyes Redroban

0931616445



Esteban Aarón Vera Reyes

0954558649

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Roberto Leonidas Goyes Redroban con documento de identificación N° 0931616445 y Esteban Aarón Vera Reyes con documento de identificación N° 0954558649, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo Académico: “**Modelo de infraestructura conceptual para gestionar la información de los servicios de un hospital público de tercer nivel de Guayaquil basado en Internet de las Cosas y Big Data**”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Computación, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de julio del año 2023

Atentamente,



Roberto Leonidas Goyes Redroban

0931616445



Esteban Aarón Vera Reyes

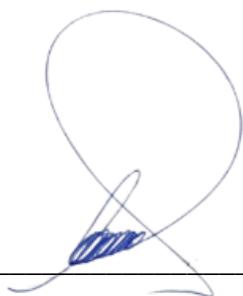
0954558649

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Tandazo Espinoza Maximo Giovanni con documento de identificación N° 0916028921, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Modelo de infraestructura conceptual para gestionar la información de los servicios de un hospital público de tercer nivel de Guayaquil basado en Internet de las Cosas y Big Data**, realizado por Roberto Leonidas Goyes Redroban con documento de identificación N° 0931616445 y Esteban Aarón Vera Reyes con documento de identificación N° 0954558649, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de julio del año 2023

Atentamente,



Tandazo Espinoza Maximo Giovanni, Msc.

0916028921

DEDICATORIA

Los resultados de este presente trabajo están dedicados primeramente a Dios, a toda mi familia y a mi pareja que estuvieron presente apoyándome para poder realizarlo y terminarlo. Se lo dedico a mis padres, por la lucha y la constancia que tuvieron para poderme apoyar económicamente y moralmente. En especialmente a mi madre por ser el pilar fundamental de mi vida, por sembrar en mí la responsabilidad y darme las fuerzas para poder salir adelante a pesar de todas las adversidades que se me presentaba en la realización del trabajo. A mi pareja por acompañarme en las amanecidas, dándome apoyo y fuerzas para poder seguir con el trabajo. También, quiero dedicárselos a mis hermanas que estuvieron allí para aconsejarme y ayudarme a despejar muchas dudas con respeto a los temas tratados en el artículo.

Roberto Leonidas Goyes Redroban

AGRADECIMIENTO

Con todo lo trabajado en este artículo y en todo el transcurso de mi carrera, lo único que me queda decir es gracias a todos lo que me ayudaron a llegar hasta este punto. ¡Muchas Gracias!

Todo lo realizado fue posible gracias al apoyo incondicional que me dieron mis padres, mis hermanas y mi pareja, los cuales tuvieron una paciencia increíble en todo momento.

Gracias en especial a mis padres que me dieron todo lo que necesite para poder salir adelante y tener la fuerza para superar todas las adversidades.

Gracias a mis hermanas que fueron apoyo fundamental y modelos a seguir para poder terminar la carrera como ellas lo hicieron.

Gracias a mi pareja que estuvo en los momentos más difíciles, dándome apoyo emocional cuando todo se complicó.

Y gracias a todos ustedes y, por supuesto, a Dios, por entrar a mi vida y quedarse conmigo hasta en los momentos difíciles de mi carrera.

Roberto Leonidas Goyes Redroban

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios, por permitirme llegar hasta este punto y haber estudiado la carrera que tanto me gusta. Está dedicado con mucho amor a mis padres porque siempre fueron una guía y un apoyo para convertirme en una persona responsable, con excelentes valores morales y un profesional de éxito. Por último, me auto dedico este logro porque con esfuerzo y perseverancia he logrado sobrepasar este escalón para poder estar un poco más cerca de cumplir el sueño que tengo como profesional.

Esteban Aarón Vera Reyes

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a Dios por acompañarme cada día y no dejarme flaquear, por guiar mi camino y otorgarme la sabiduría para alcanzar esta meta. Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional, por darme las oportunidades de dedicarme a lo que me gusta y siempre ser ejemplos a seguir en mi vida. Le agradezco al amor de mi vida, por ser un apoyo y darme su compañía en cada momento.

Esteban Aarón Vera Reyes

RESUMEN

Utilizar Big Data en plataformas IoT es relevante para asegurar una infraestructura escalable que gestione los datos heterogéneos y el gran volumen de datos. El objetivo general es diseñar un modelo de infraestructura para captura y procesamiento de los datos de servicios de un hospital público de tercer nivel de Guayaquil basado en Internet de las Cosas y Big Data. Entre los resultados de esta investigación se citan: la revisión sistemática de la literatura que generó 55 artículos seleccionados y relacionados al tema; de acuerdo a la lectura en los artículos científicos la salud es la principal área que utiliza IoT y Big Data; los dispositivos IoT son la principal fuente de datos que se utilizan para la Big Data; los sensores son el principal elemento utilizado en IoT; las aplicaciones web-móviles se utilizan para desarrollar IoT; las fuentes de datos y salidas de interfaces son principales elementos utilizados en Big Data; Apache y Hadoop son las principales herramientas utilizadas en Big Data; el pulso, la presión, la temperatura, la frecuencia cardiaca son los datos más capturados en los modelos IoT y Big Data; los sensores de salud son los principales dispositivos que se utilizan en IoT y Big Data; el diagnóstico y evaluación son indicadores comunes que se presentan en IoT y Big Data; Machine Learning es una tecnología adicional utilizada en plataformas IoT y Big Data. Se presenta el diseño de una infraestructura lógica que consiste en cuatro capas como Generación de datos, Comunicaciones, Procesamiento en nube y Presentación de datos, que brinda información de servicios y además detalle de pacientes; se utiliza el estándar P2413 que muestra a la infraestructura lógica con 88.88% de validez; se utiliza la norma ISO 20547-5 que evalúa a la infraestructura lógica con 83.35%. Se concluyó que la infraestructura lógica es escalable y soporta los datos heterogéneos generados por la tecnología IoT y soporta volumen con buena velocidad asistida por herramientas fuertes en Big Data.

Palabras claves: Internet de las Cosas, Grandes Datos, Hospital de Tercer Nivel, Infraestructura de Salud.

ABSTRACT

Using Big Data on IoT platforms is relevant to ensure a scalable infrastructure that manages heterogeneous data and large volume of data. The general objective is to design an infrastructure model for capturing and processing the data of services of a public hospital of third level of Guayaquil based on Internet of Things and Big Data. Among the results of this research are cited: the systematic review of the literature that generated 55 selected articles related to the topic is used; in the articles, health is the area used IoT and Big Data; devices is the main source of data that IoT and Big Data are used; sensors is the main element used in IoT; web-mobile applications are used to develop IoT; data sources and interface outputs are the elements used in Big Data; Apache and Hadoop are the main tools in Big Data; pulse, pressure, temperature, heart rate are the most captured data in IoT and Big Data models; health sensors are the devices used in IoT and Big Data; diagnosis and evaluation are common indicators that occur in IoT and Big Data; Machine Learning is additional technology used in IoT and Big Data. The design of a logical infrastructure consisting of four layers such as data generation, communications, cloud processing and data presentation that provide service information and also patient detail; the P2413 standard is used, which shows the logical infrastructure with 88.88% validity; ISO 20547-5 is used, which evaluates the logical infrastructure with 83.35%. It was concluded that the logical infrastructure is scalable and supports heterogeneous data by IoT technology and supports volume with good speed helped by strong tools in Big Data.

Key words: Internet of Things, Big Data, Third Level Hospital, Health Infrastructure.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1. Internet de las Cosas en salud	15
2.2. Big Data en salud	15
2.3. Otros trabajos de Internet de las Cosas y Big Data en salud.....	16
3. METODOLOGÍA	18
4. RESULTADOS.....	21
5. DISCUSIÓN	34
6. CONCLUSIÓN.....	36
REFERENCIAS	37

1. INTRODUCCIÓN

La atención médica que utiliza Internet de las Cosas (IoT) permite el monitoreo de los pacientes por parte de los médicos en varios aspectos; IoT utiliza sensores, aplicaciones informáticas y dispositivos que se enlazan para seguimiento de los parámetros de los pacientes y rastreo de su salud; si hay más dispositivos conectados entonces existe más cantidad de datos capturados y almacenados, estos datos requieren utilizarse en Big Data para almacenar-procesar-analizar ese alto volumen de datos. IoT en la salud genera información para grandes conjuntos de datos en Big Data y optimiza los resultados, ambas tecnologías pueden evitar enfermedades, abaratar costos médicos y ser accesibles (Shaikh et al., 2020). Las plataformas IoT recopilan los datos del entorno y los envía a un almacén, este continuo monitoreo de los sistemas tiene dos características relevantes; la primera es la velocidad de los datos que los sensores deben enviar en tiempo mínimo aceptable con la posibilidad de perder los datos, y el segundo es la gran cantidad de datos obtenidos; existe la necesidad de un almacén de datos adecuado, para esto se utiliza la tecnología Big Data para resolver los problemas mencionados; con IoT en el entorno médico o salud, el Big Data mantiene una plataforma segura para gestionar los datos obtenidos desde los dispositivos IoT; los hospitales pueden escalar en cantidad de dispositivos IoT y en cantidad de datos para realizar el monitoreo (Mararif et al., 2019). Las plataformas IoT utilizan un importante poder de cómputo para que los demás componentes se ejecuten con éxito, además de tener seguridad informática y ciertos inconvenientes de escalabilidad y la funcionalidad; aquí entra la computación distribuida que es un conjunto de arquitecturas, software y plataformas que se encuentran en la nube, y soluciona problemas de sostenibilidad y confiabilidad que son preocupaciones de los usuarios (Raj, 2022).

Para el año 2025 se estiman 25 mil millones de dispositivos conectados a IoT (Babbar & Rani, 2022). IoT y Big Data son utilizados en áreas como agricultura, ciudades inteligentes, industrias, salud (Al-Salmi et al., 2019), redes eléctricas (Raj, 2022). Las tecnologías IoT y Big Data “son interdependientes y deben desarrollarse en conjunto”; existe la extensa difusión de IoT que mantiene el crecimiento de datos y esto genera la oportunidad de utilizar Big Data, además el desarrollo de Big Data e IoT activan los avances sobre los modelos de negocio (Plageras & Psannis, 2018).

Las tecnologías IoT y Big Data en el cuidado de la salud. Por una parte, IoT realiza la captura y disponibilidad de los datos desde cualquier hora o lugar; los dispositivos IoT capturan datos

como azúcar en la sangre, frecuencia cardíaca, ritmos, cambios de humor y cambio de masa corporales, entre otros; los datos médicos capturados y procesados generan hallazgos relevantes, se genera historias clínicas y resultados de historias clínicas. Por otra parte, Big Data minimiza el tiempo de cómputo a través del procesamiento rápido de estas grandes cantidades de datos capturados por IoT; Big Data ayuda en el pronóstico de enfermedades, el perfil de una persona puede ser generado por la cantidad de fuentes, como seguro médico y registros médicos; en el entorno de salud que utiliza plataformas IoT y en la nube que contienen los datos de pacientes y luego se verifican-analizan por medio de las herramientas de procesamiento Big Data, entonces los grandes volúmenes de datos son importantes; en las plataformas IoT con canalizaciones Big Data se generan plataformas para gestionar aplicaciones informáticas, procesar datos, realizar análisis, almacenamiento permanente y protección de datos médicos (Babbar & Rani, 2022).

Utilizar Big Data en plataformas IoT es relevante para asegurar una infraestructura escalable que gestione los datos heterogéneos y el gran volumen de datos; en el área médica, el uso de Big Data genera información útil desde los datos extensos que pueden optimizar el servicio de atención médica, entregar servicios personalizados, generar información a los seguros médicos y generar otros tipos de servicios (Mararif et al., 2019).

La tecnología aplicada a la salud optimiza los servicios de atención en salud, IoT gestiona el intercambio de datos entre médicos locales, pacientes y médicos remotos; con IoT las restricciones regionales pasan las fronteras para compartir datos médicos o casos; además el monitoreo-diagnóstico en línea disminuye el costo-tiempo en movimiento de pacientes y aumenta la curación de enfermedades; todos estos datos médicos pueden ser gestionados con el Big Data porque son obtenidos desde múltiples tipos de dispositivos o archivos.

En este documento, se propone diseñar una infraestructura que integre dispositivos heterogéneos IoT para capturar los datos y un modelo Big Data para almacenar-administrar-monitorear los datos en línea, esto se puede gestionar por una instancia de interfaz de seguimiento, el diseño es adecuado para hospitales o instalaciones médicas.

En Ecuador existen 60 hospitales públicos y 85 centros de salud públicos, es decir son instituciones de salud que pertenecen al estado ecuatoriano y son de acceso abierto-gratuito para los ciudadanos; entre estos, en la ciudad de Guayaquil existen 6 hospitales públicos que son hospitales de tercer nivel (MSP, 2023). También a nivel nacional existen hospitales

privados y hospitales del seguro social que son de tercer nivel. De acuerdo al INEC, en el año 2021 se realizaron 1038235 egresos hospitalarios (661 mil del sector público, 376 mil del sector privado), la provincia del Guayas tiene la mayor cantidad de egresos que son 255 mil; la red de salud tiene 32 mil camas distribuidas entre 630 establecimientos de salud a nivel nacional (INEC, 2023). Un hospital de tercer nivel tiene servicios como: Consulta externa, medicina general, emergencia, ginecología, neonatología, atención a adolescente, psicología, imágenes, odontología, nutrición, ecografía, cardiología, estimulación temprana, colposcopia, farmacia, laboratorio clínico, entre otros. Es posible asentar la información de estos servicios en un modelo de gestión (MSP, 2023).

El objetivo general es: Diseñar un modelo de infraestructura para captura y procesamiento de los datos de servicios de un hospital público de tercer nivel de Guayaquil basado en Internet de las Cosas y Big Data.

Los objetivos específicos son: a) Revisar documentación científica para determinar modelos sobre las tecnologías Internet de las Cosas y Big Data basado en revisión sistemática. b) Diseñar una arquitectura para captura de datos en IoT y el modelo para procesamiento en Big Data que informe los servicios de un hospital público de tercer nivel de Guayaquil. c) Evaluar la arquitectura IoT mediante el estándar IEEE P2413 y evaluar el modelo Big Data mediante el estándar ISO 20547-5 para verificación de los diseños.

De acuerdo a las Naciones Unidas para mantener un crecimiento humano sostenible se depende de las tecnologías digitales, y este es uno de los 18 objetivos de desarrollo establecidos en el año 2017 que se orientan para lograr la paz y la prosperidad de la vida humana hacia el año 2032; el adoptar la tecnología digital tiene un impacto muy positivo y una tecnología intenta garantizar condiciones de vida saludable y sembrar el bienestar para seres humanos de todas las edades (Nations, 2023).

Este artículo tiene la siguiente estructura. En la Sección Revisión de la literatura están los conceptos que se utilizan y trabajos relacionados. En la Sección Metodología están los pasos para desarrollar esta investigación. En la Sección Resultados se presenta la revisión sistemática, la arquitectura basada en IoT y Big Data, y la evaluación de la arquitectura con estándares. En la Sección Discusiones se presentan los logros obtenidos, consideraciones y aclaraciones. La Sección Conclusiones que presentan los argumentos basados en los resultados de este trabajo científico.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Internet de las Cosas en salud

IoT es la interconexión de sensores o dispositivos a través de Internet que hace posible el intercambio de información; los dispositivos captan los datos del mundo real y se convierten en representación virtual; las ideas básicas son la colaboración, la comunicación y descentralización de la atención médica (Bansal & Gandhi, 2019).

Beneficios de utilizar IoT en salud son: transmitir datos y seguimiento en línea para minimizar las emergencias médicas; conectividad entre dispositivos para entregar asistencia médica positiva; recopilación de datos y análisis de información para almacenamiento y estudio en tiempo real que aligera la toma de decisiones; monitoreo y alertas de dolencias mortales basados en control de parámetros y generen alertas mediante aplicaciones informáticas, esto optimiza la atención al paciente con procedimientos eficientes; asistencia médica para chequeos médicos en remoto que utiliza dispositivos médicos y remita los datos al médico de turno (Shaikh et al., 2020).

2.2. Big Data en salud

La salud genera grandes cantidades de datos que deben gestionarse; Big Data proporciona varias herramientas o técnicas para recolectar datos estructurados o datos no estructurados, extraer datos útiles, establecer, analizar, administrar y tomar decisiones. Los datos electrónicos que son voluminosos están en estructura definida o no definida; no es sencillo procesar todos los datos de todos los pacientes, entonces Big Data simplifica la gestión de los datos; además Big Data muestra correlaciones, patrones ocultos y correlaciones cruzadas entre los datos, todas las actividades se gestionan en un almacenamiento virtual “Nube” (Bansal & Gandhi, 2019).

Big data ayuda a conocer nuevas ideas por la gran cantidad de datos generados a nivel global, en la parte de atención médica se estima 117 mil millones de gigabytes y se desarrolla a 2,3 exabytes anuales; los datos médicos sirven para reducir los costos, analizar las tendencias en salud, alertas tempranas, probabilidades de enfermedad y optimizar las decisiones (Babbar & Rani, 2022).

2.3. Otros trabajos de Internet de las Cosas y Big Data en salud

El sistema realiza el seguimiento de la condición cardíaca en personas y remite un mensaje de alerta al médico; utiliza sensores que capturan datos y los almacena en la nube, en mensaje de texto llega al médico y cuidadores; el sistema da asistencia a los doctores en el control remoto y minimiza los tiempos en tratamiento y mortalidad (Shaikh et al., 2020).

La arquitectura que propone contiene tres componentes llamados Unidad de detección, Unidad de procesamiento de datos y Unidad de presentación; la arquitectura utiliza sensor de frecuencia cardíaca, sensor de humedad de la piel, sensor de temperatura corporal y sensor de presión arterial; la nube contiene la estructura Big Data para minimizar inversión y mantenimiento (Mararif et al., 2019).

El sistema de emergencia para una ciudad inteligente consta de: una parte IoT que está formado por capa de sensores, capa de comunicación, capa de procesamiento, capa de servicios; la parte Big Data está formado por software y herramientas que procesan los datos, y envían avisos de acuerdo a los parámetros de ruido, dióxido de carbono, aceites y emergencias de fuego; además contiene un dashboard que informa los servicios específicos (Al-Salmi et al., 2019).

Se propone un marco de tres capas: IoT, Fog y Cloud; en la capa IoT están los dispositivos y sensores que capturan los datos, en la capa Fog están los servicios de movilidad, baja latencia y posicionamiento para que los datos estén más cerca de los usuarios; en la capa Cloud está el servicio de almacenamiento, procesamiento y análisis centralizado (Raj, 2022).

Se propone un marco médico para alertas a hospitales sobre emergencias con la ubicación geográfica; antes de transmitir la alerta del paciente, el doctor es avisado para la revisión de los resultados como lista de medicinas, problemas de salud, lista de diagnósticos anteriores; los grandes volúmenes de datos son gestionados por algoritmos Deep Learning para pronósticos (Babbar & Rani, 2022).

Una arquitectura llamada Big Data Médico que mantiene conectados a pacientes, médicos del hospital y médicos remotos; está formada por cuatro capas llamadas detección, análisis, red y aplicación; en la capa detección se ubican los equipos de imágenes médicas de tomografía, tomografía óptica, resonancia magnética, la resonancia funcional, entre otros; en la capa análisis se procesan las imágenes originales y conecta a médicos del hospital y pacientes; en la capa de red se transmite por diversos medios las imágenes hacia la nube; en la capa de aplicación están

las aplicaciones informáticas que sirven a los médicos remotos para ver las imágenes y emitir el diagnóstico mediante enlaces de comunicación (Xu et al., 2019).

Utilizaron Big Data, IoT y nanoelectrónica para obtener señales cardiovasculares que se envían al internet con uso de protocolos de comunicación; pueden ser accedidos por el médico o cuidador, y se almacenan en la nube para análisis-procesamiento; se puede visualizar los informes desde dispositivos móviles y actualizar el tratamiento del paciente; Big Data se utiliza para la extracción de datos, análisis de datos y toma de decisiones (Bansal & Gandhi, 2019).

Se presenta una arquitectura IoT-Big Data de cuatro capas que son: capa recursos, capa salud, capa aplicaciones y capa usuarios; la capa recursos contiene dispositivos médicos, dispositivos de ropa y dispositivos de diagnóstico; la capa salud contiene sub capas con servicios médicos y Big Data; la capa aplicaciones contiene los accesos de sistemas informáticos; en la capa usuarios están los hospitales, proveedores de salud, emergencias y comunidad general (Liu et al., 2019).

Para mejorar la gestión hospitalaria se presenta un sistema de búsqueda de datos rastreables; el administrador entrega los datos de salud en forma cifrada a varios médicos; los médicos encuentran las características en los datos de seguimiento y para impedir la fuga de datos existen funciones de bloqueo en las consultas y rastreo de usuarios maliciosos (Zhou et al., 2021).

El trabajo propone utilizar IoT, Big Data y Big Data Analytics en la salud y disminuir la tasa de mortalidad por enfermedades críticas y aplica un enfoque sistemático para implementar IoT y Big Data; los autores afirman que se contribuye en mejorar instalaciones de atención médica (Zameer et al., 2019).

En (Yadav & Hasija, 2022) se manifiesta el rol entre IoT y Big Data, las empresas utilizan dispositivos IoT para obtener los datos y esto lleva a los grandes conjuntos de datos en forma prometedora; se debe considerar que IoT mantiene los datos de forma no-estructurada y Big Data utiliza herramientas como Hadoop y MapReduce para almacenar y analizar los datos; se presenta un modelo básico de tres capas: IoT, Big Data y Big Data Analysis.

El modelo captura los datos multimedia médicos por medio de la plataforma IoT, utilizan redes neuronales para clasificación de datos y optimizar el rendimiento; los datos multimedia están gestionados por la Big Data, el modelo está formado por capa percepción, capa transporte y capa aplicación (Yang, 2020).

3. METODOLOGÍA

3.1 Revisar documentación científica para determinar modelos sobre las tecnologías Internet de las Cosas y Big Data basado en revisión sistemática.

La revisión sistemática proporcionada por la investigación científica de (Mehmood & Anees, 2020) contiene tres fases principales: Plan, Revisión e Informe de Revisión. La figura 1 muestra los pasos de revisión de documentación científica, categorización y mapeo.

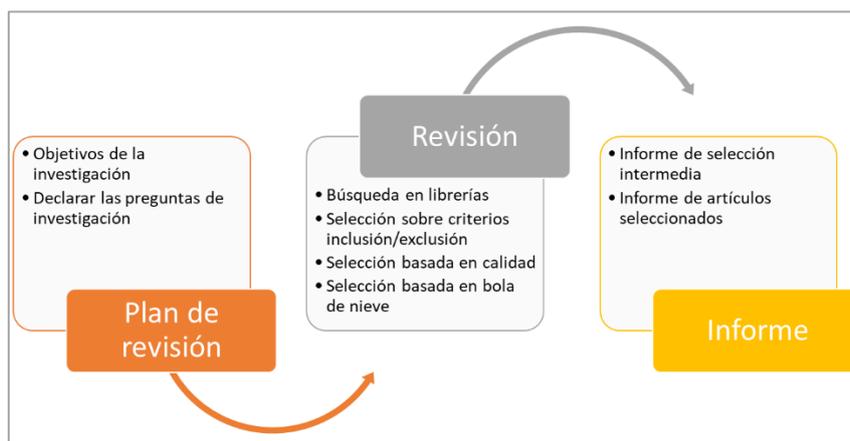


Figura 1. Revisión Sistemática de la Literatura.

3.1.A. Plan de revisión: En la revisión se continúa un proceso estructurado: Objetivos de la investigación, Declarar las preguntas de investigación, Búsquedas en bibliotecas, Selección de artículos, Selección de estudios relevantes, Extracción de datos, Síntesis de resultados, Informe de revisión.

1) **Objetivos de la investigación:** Los objetivos centrales de nuestra investigación son los siguientes: a) Definir una biblioteca de artículos relacionados a IoT y Big Data, y dejar a disposición de otros investigadores. b) Identificar artículos más significativos que ubiquen la investigación para el diseño de infraestructuras IoT y modelos Big Data. c) Caracterizar las soluciones existentes en IoT y Big Data.

2) **Preguntas de investigación:** ¿Cuántos artículos relacionados se obtuvieron entre enero del 2018 y mayo del 2023?, ¿En qué áreas se utilizan IoT y Big Data?, ¿Cuáles son las fuentes de datos que utilizan IoT y Big Data?, ¿Qué elementos se utilizan sólo en IoT?, ¿Qué herramientas se utilizan para desarrollar IoT?, ¿Qué elementos se utilizan sólo en Big Data?, ¿Qué herramientas se utilizan para desarrollar Big Data?, ¿Qué datos de salud son capturados en los

modelos IoT y Big Data?, ¿Qué dispositivos de salud se utilizan en IoT y Big Data?, ¿Qué indicadores comunes de salud se presentan en IoT y Big Data?, ¿Qué tecnologías adicionales se utilizan en IoT y Big Data?

3.1.B Revisión: Para aumentar la confiabilidad de la búsqueda, participan los dos autores. La realización se ejecuta en cuatro pasos: En el primer paso, se busca artículos primarios en las bibliotecas IEEE, ACM y Springer. Segundo paso, se utiliza criterios de inclusión/exclusión. Tercer paso, se utiliza criterios de evaluación de calidad. Cuarto paso, se realiza una bola de nieve hacia atrás para verificar algún documento importante.

Criterios de Inclusión/Exclusión: a) Criterios de inclusión: Artículos entre el año 2018 y 2022. Los artículos deben estar en el dominio IoT y Big Data. Los artículos deben responder las preguntas de investigación. Se incluyen artículos publicados en revistas o congresos. b) Criterios de exclusión: Artículos escritos en idiomas diferentes al inglés. Suprimir los artículos antes de 2018. Suprimir artículos escritos por el mismo autor.

Toda la fase Revisión, se desarrolla durante la investigación.

3.1.C Informe: Toda la fase Informe, se desarrolla durante la investigación.

3.2 Diseñar una arquitectura para captura de datos en IoT y el modelo para procesamiento en Big Data que informe los servicios de un hospital público de tercer nivel de Guayaquil.

Se utiliza la investigación empírica para mostrar una arquitectura IoT y un modelo Big Data, y que son factibles en su posible implementación basado en evidencias empíricas. Se utiliza el enfoque cualitativo para describir las funciones de la arquitectura y del modelo. Se utilizan gráficos para mostrar la estructura de la arquitectura IoT y del modelo Big Data. La arquitectura y modelo se pueden presentar en capas o módulos.

De las respuestas de investigación que se desarrollen en la revisión sistemática de la literatura, para los diseños se adoptan los siguientes elementos: los componentes de Big Data, las herramientas de Big Data, los componentes de IoT, las herramientas de IoT, fuentes de datos en Big Data, se capturan datos de salud, se presentan indicadores comunes de salud. Además, se adicionan elementos propios de un hospital general de tercer nivel como: fuentes de datos, sensores de salud, dispositivos médicos e indicadores de salud.

3.3 Evaluar la arquitectura IoT mediante el estándar IEEE P2413 y evaluar el modelo Big Data mediante el estándar ISO 20547-5 para verificación de los diseños.

Se deben contestar o responder los parámetros del estándar IEEE y la norma ISO que evalúan plataformas tecnológicas. Si el porcentaje de cada estándar o norma supera el 80% entonces se considera que si cumple, de modo contrario se debe actualizar la arquitectura o modelo hasta que cumpla el mínimo de 80%.

El estándar IEEE P2413 se utiliza para evaluar la arquitectura IoT que se propone a través de parámetros, el cumplimiento es un porcentaje que se obtiene dividiendo las contestaciones positivas para las nueve preguntas lógicas (IEEE-P2413, 2018).

Tabla 1. Parámetros IEEE P2413

Parámetros	Valor	Tipo
Dominio	Describir	Texto
Aplica capa de dispositivos	Si o No	Lógico
Aplica capa de red de comunicación	Si o No	Lógico
Aplica capa de plataforma	Si o No	Lógico
Aplica capa de aplicaciones	Si o No	Lógico
Aplica Cloud Computing	Si o No	Lógico
Aplica Edge Computing	Si o No	Lógico
Aplica Big Data	Si o No	Lógico
Visualiza el estado operativo	Si o No	Lógico
Colaboración entre aplicaciones	Si o No	Lógico
Model Kind	Describir	Texto
Architecture viewpoint	Describir	Texto
Concern	Describir	Texto
Stakeholder	Describir	Texto
Correspondence rule	Describir	Texto

La norma ISO 20547-5 se utiliza para evaluar el modelo Big Data que se propone a través de parámetros, el cumplimiento es un porcentaje que se obtiene dividiendo las contestaciones positivas para las seis preguntas lógicas (ISO-20547-5, 2018).

Tabla 2. Parámetros ISO 20547-5

Parámetros	Valor	Tipo
Dominio	Describir	Texto
Requisitos	Si o No	Lógico
Seguridad	Si o No	Lógico
Privacidad	Si o No	Lógico
Verificada por arquitectos	Si o No	Lógico
Verificada por proveedor de aplicaciones	Si o No	Lógico
Verificada por proveedor de almacenamiento	Si o No	Lógico

4. RESULTADOS

A continuación se presentan como resultados el desarrollo de los objetivos específicos:

Revisar documentación científica para determinar modelos sobre las tecnologías Internet de las Cosas y Big Data basado en revisión sistemática.

La revisión sistemática sobre artículos científicos en bibliotecas digitales y luego de aplicar el Plan de revisión, luego la Revisión, esta resultó en obtener los artículos seleccionados; en esta fase se presenta el Informe que son las respuestas a las preguntas de investigación:

¿Cuántos artículos relacionados se obtuvieron entre enero del 2018 y mayo del 2023?

Se obtuvo 55 artículos distribuidos en 27 de IEEE, 10 de ACM y 18 de Springer; la mayor cantidad obtenida son de la biblioteca IEEE, lo que significa que muchos autores prefieren esta revista de ingeniería, ver tabla 3.

Tabla 3. Artículos relacionados

Indicadores	Bib	N.
(Shaikh et al., 2020), (Mararif et al., 2019), (Al-Salmi et al., 2019), (Raj, 2022), (Babbar & Rani, 2022), (Xu et al., 2019), (Bansal & Gandhi, 2019), (Liu et al., 2019), (Zhou et al., 2021), (Zameer et al., 2019), (Yadav & Hasija, 2022), (Yang, 2020), (Ponmalar et al., 2021), (He et al., 2018), (Bide & Padalkar, 2020), (B. Alamri et al., 2021), (Chhowa et al., 2019), (Padmanabha Reddy et al., 2021), (Bajaj et al., 2022), (Hayat & Reda, 2022), (A. Alamri, 2019), (Massaro et al., 2020), (Kumar Sadineni, 2020), (Kaur et al., 2021), (Dou & Liu, 2019), (Paraschiv et al., 2022), (Demirbaga & Aujla, 2022)	IEEE	27
(Moqurrab et al., 2022), (Chi, 2021), (Abdul Jalil & Wong Ei Leen, 2022), (Hajiheydari et al., 2019), (Chen, 2019), (Ntehelang et al., 2019), (Ding et al., 2020), (Amaechi & Van Pham, 2020), (Zhao et al., 2021), (Sun et al., 2022)	ACM	10
(Lau et al., 2023), (Rani et al., 2022), (Sharma & Sharma, 2022), (Alam, 2022), (Rosati et al., 2023), (Suciu et al., 2019), (Rathore et al., 2019), (Li et al., 2021), (Fernández-Gómez et al., 2023), (Zang & You, 2023), (Khan et al., 2018), (Jamil et al., 2021), (Biswas, 2022), (Jagadeeswari et al., 2019), (Honar Pajooh et al., 2021), (Asri & Jarir, 2023), (Jeon et al., 2022), (Manimuthu et al., 2021)	SPRINGER	18
Total de artículos:		55

Fuente: Autores.

¿En qué áreas se utilizan IoT y Big Data?

En los 55 artículos ambas tecnologías cubren las áreas: Salud en 60%, Ciudad Inteligente en 7%, Seguro de Salud 3%, Farmacia en 7%, Medio Ambiente en 6% y Otras áreas en 17%; lo que significa que son muy productivas en salud, ver Fig. 2.

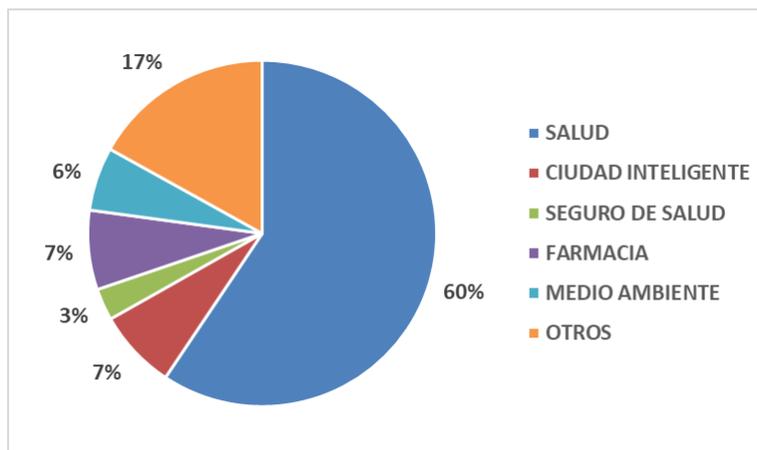


Figura 2. Áreas de IoT y Big Data.

¿Cuáles son las fuentes de datos que utilizan IoT y Big Data?

En los 55 artículos ambas tecnologías utilizan como fuentes de datos: Archivos de Texto en 22%, Bases de Datos en 29%, Dispositivos en 41%, Hoja Electrónica en 2% e Imágenes en 6%; lo que significa que los dispositivos y bases de datos son más preferidas para obtener datos, ver Fig. 3.

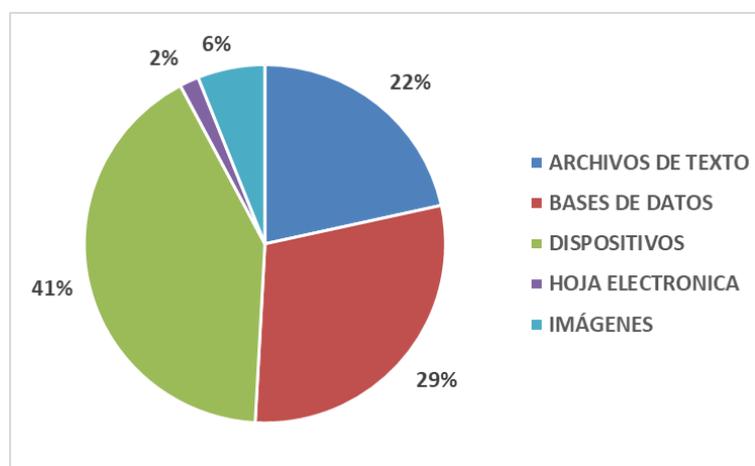


Figura 3. Fuentes de datos en IoT y Big Data.

¿Qué elementos se utilizan sólo en IoT?

En los 55 artículos la tecnología IoT utiliza elementos como: Sensores en 22%, Actuadores en 6%, Red en 14%, Nube en 18%, Sistema en 14%, Pacientes en 12%, Cuidador en 3% y Doctores

en 11%; lo que significa que los dispositivos y la nube son más preferidas para captura y almacenamiento de datos, ver Fig. 4.

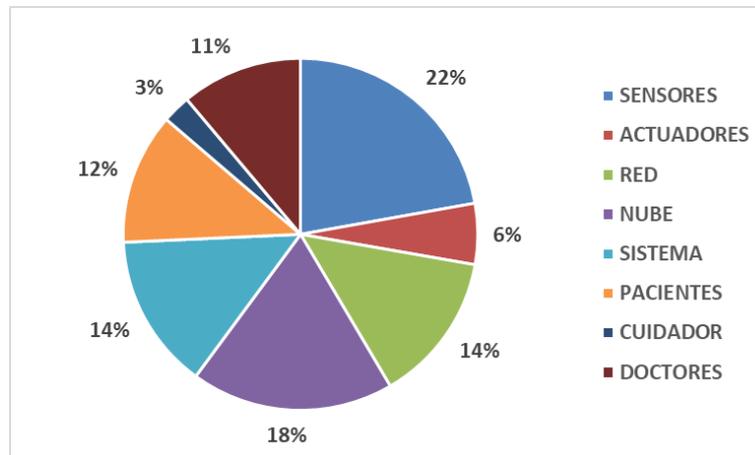


Figura 4. Elementos en IoT.

¿Qué herramientas se utilizan para desarrollar IoT?

En los 55 artículos la tecnología IoT utiliza herramientas como: Aplicaciones Web en 37%, Aplicaciones Móviles en 35% y Protocolos en 28%; lo que significa que la internet por la web tiene mayor incidencia seguida de la movilidad, y esto utilizando protocolos de conexión o seguridad, ver Fig. 5.

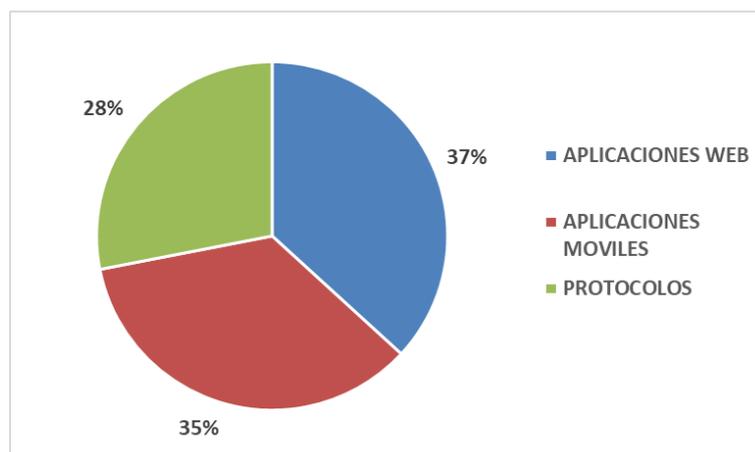


Figura 5. Herramientas en IoT.

¿Qué elementos se utilizan sólo en Big Data?

En los 55 artículos la tecnología Big Data utiliza elementos como: Fuentes de datos en 43%, Herramientas en 24% y Salidas en interfaces en 33%; lo que significa que los repositorios son nombrados en la mayor parte de los artículos científicos, ver Fig. 6.

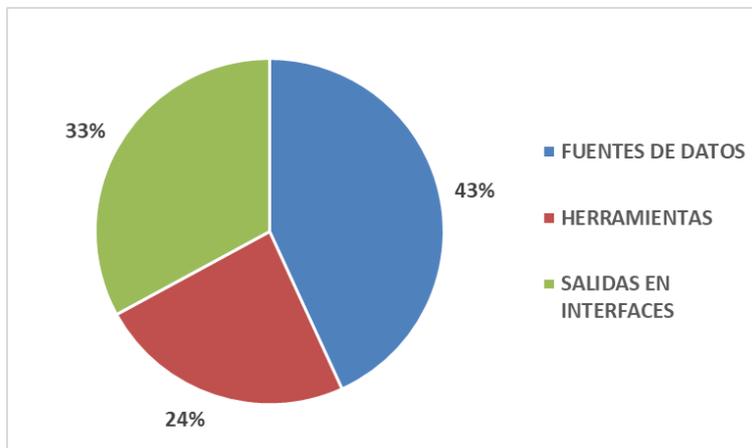


Figura 6. Elementos en Big Data.

¿Qué herramientas se utilizan para desarrollar Big Data?

En los 55 artículos la tecnología Big Data utiliza herramientas como: Thingspeak en 2%, Apache Spark en 21%, Spark Streaming en 16%, Apache Kafka en 16%, MongoDB en 3%, Hadoop en 15%, Map Reduce en 15%, Cassandra en 6% y Google en 6%; lo que significa que la plataforma Apache ofrece varias facilidades o ventajas para gestión de grandes cantidades de datos, ver Fig. 7.

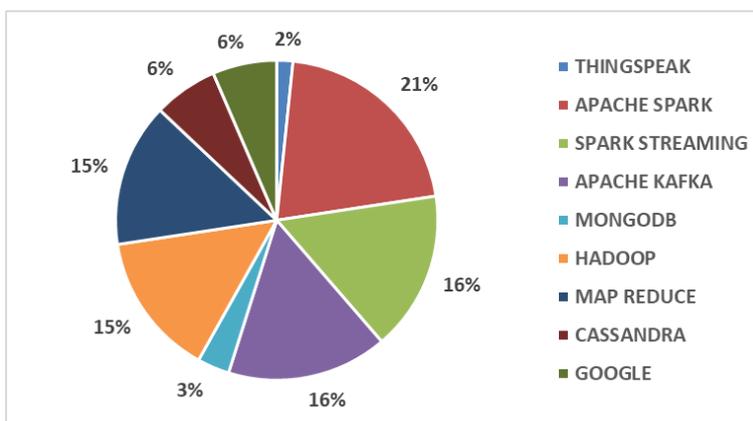


Figura 7. Herramientas de Big Data.

¿Qué datos de salud son capturados en los modelos IoT y Big Data?

En los 55 artículos ambas tecnologías capturan datos como: Pulso en 17%, Presión en 18%, Temperatura en 19%, Frecuencia Cardíaca en 17%, Humedad de Piel en 7%, Oxígeno en 4%, Imágenes en 3% y Otros Niveles en 15%; lo que significa que la preferencia es medir los signos vitales por los dispositivos que son menos costosos, ver Fig. 8.

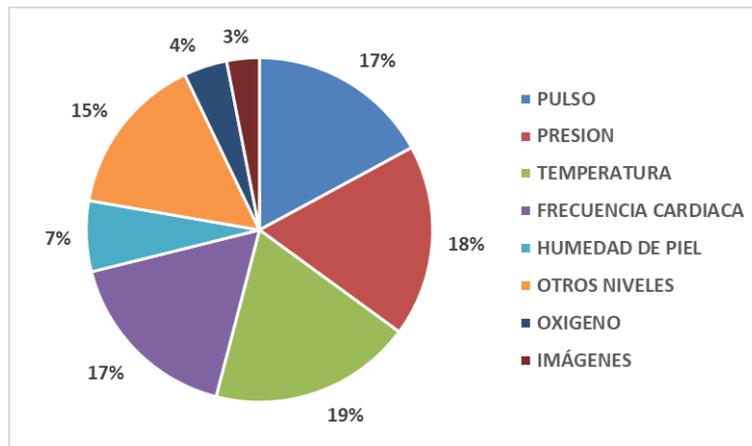


Figura 8. Datos de salud capturados.

¿Qué dispositivos de salud se utilizan en IoT y Big Data?

En los 55 artículos ambas tecnologías utilizan dispositivos como: Sensores de Salud en 86%, Tomógrafos en 8% y Resonancia en 6%; lo que significa que para detectar procesos físicos o químicos o biológicos se utilizan sensores por sus beneficios en tamaño y costos, ver Fig. 9.

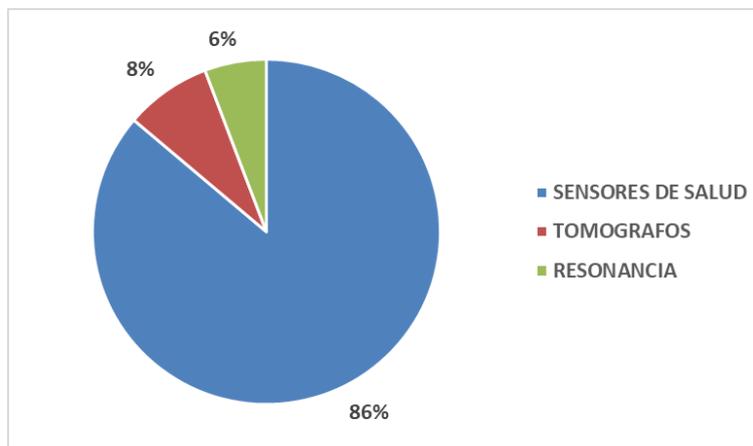


Figura 9. Dispositivos de salud.

¿Qué indicadores comunes de salud se presentan en IoT y Big Data?

En los 55 artículos ambas tecnologías presentan indicadores como: Ritmo Cardíaco en 8%, Medicinas en 8%, Diagnóstico en 30%, Predicciones en 22% y Evaluación en 32%; lo que significa que la evaluación y diagnóstico de salud es utilizado para identificar enfermedades o afecciones, ver Fig. 10.

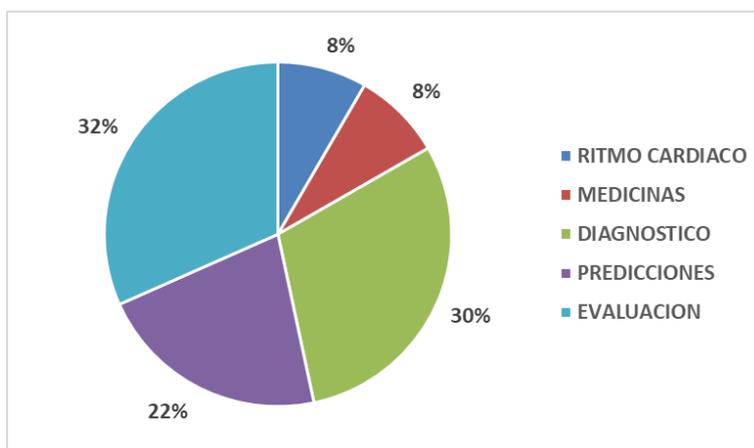


Figura 10. Indicadores comunes.

¿Qué tecnologías adicionales se utilizan en IoT y Big Data?

En los 55 artículos ambas tecnologías presentan y utilizan otras tecnologías como: Analytics en 32%, Deep Learning en 18%, Nanoelectrónica en 2%, Cifrado en 10% y Machine Learning en 38%; lo que significa que la Inteligencia Artificial es preferida para procesamiento de los datos como predicciones o comportamientos de las enfermedades, ver Fig. 11.

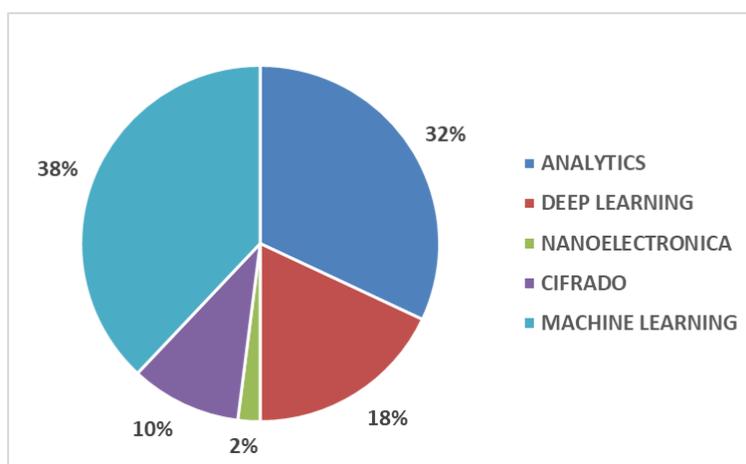


Figura 11. Otras tecnologías.

Diseñar una arquitectura para captura de datos en IoT y el modelo para procesamiento en Big Data que informe los servicios de un hospital público de tercer nivel de Guayaquil.

En esta fase, se presenta la recopilación de datos para el procesamiento-análisis de datos que determinen posibles enfermedades, los índices de los servicios, el seguimiento de pacientes y el almacenamiento de datos, los datos son recolectados por dispositivos de varios tipos. La Fig. 12 muestra la arquitectura sugerida y la funcionalidad.

Capa Generación de Datos: La recopilación de datos de pacientes y médicos es el primer desafío para el análisis de información sanitaria. Un primer generador de datos es el sistema del hospital que cuenta con una base de datos local, contiene datos de los pacientes, médicos, citas médicas, atención internados, cirugías, interconsultas, inventarios de medicinas, personal administrativo, facturas y departamentos, y cada entidad tiene un único número de identificación e identificación biológica (humanos); al paciente le realizan el proceso de registro, la observación y diagnóstico; luego del registro los dispositivos pueden enviar las condiciones corporales del paciente a la red, estos datos se almacenan en una base de datos temporal para un análisis pre-inicial y ver informes locales sobre pruebas médicas; es posible separar los datos médicos en modos de emergencia y no emergencia (Babbar & Rani, 2022).

Un segundo generador son los dispositivos médicos del hospital como sensor de frecuencia cardíaca, sensor de humedad de la piel, sensor de pulso, sensor de temperatura corporal, sensor de presión arterial (Mararif et al., 2019), instrumentos médicos, otros equipos médicos y sensores portátiles conectados a los pacientes, los datos se envían en espacios de tiempo real, aunque los datos de diferentes equipos son de diferentes formatos y diferentes protocolos y diferentes interfaces de comunicación, sería necesario una interfaz y protocolo estándar para integrar los datos y el envío de datos al almacenamiento; las órdenes se envían a los actuadores que deben tener interfaces de datos con diferentes estados de comunicación en los equipos médicos, además las órdenes envían mensajes a doctores o cuidadores (Liu et al., 2019).

Un tercer generador de datos son los dispositivos de vestimenta (anillos, sillas, relojes de pulsera, pulseras, gafas de sol) estos se transfieren por medio del dispositivo móvil hacia el internet y se almacenan en la base de datos. Un cuarto generador de datos son los equipos de imágenes médicas (tomografía, tomografía óptica, resonancia magnética, la resonancia funcional) que sirve para tomar los datos básicos del paciente y diagnóstico (Xu et al., 2019).

Capa Comunicación: Esta capa transmite los datos que están recopilados, la conexión permite el acceso de los dispositivos médicos y el envío de las bases de datos por medio de redes cableadas o inalámbricas del hospital. El primer grupo es la red local que se forma por raspberry, arduino, puntos de acceso, switch, firewall, la conexión a internet es por medio de fibra óptica o radio. Para los pacientes ambulatorios o móviles ellos se conectan por redes 4G o 5G o redes satelitales, de acuerdo a la capacidad de los dispositivos de vestimenta, además la ambulancia puede enviar datos a la nube, sus datos para el almacenamiento y procesamiento; en esta capa el protocolo de control de transmisión (TCP) se utiliza para enviar los datos capturados hacia el servidor ubicado en la nube. El segundo grupo son los pacientes ambulantes que utilizan sus teléfonos celulares a través de un protocolo de transmisión de distancia corta sea Bluetooth o USB, los datos capturados se transmiten al servidor que está ubicado en la nube; otros protocolos que se utilizan son 6LoWPAN, WiFi, ZigBee, IEEE 802.15.4 o la red cableada.

Esta capa proporciona cada funcionalidad básica para la conectividad de extremo a extremo a los dispositivos médicos; este nivel es responsable de adicionar los datos medidos de cada dispositivo o archivo o base de datos, y luego enviarlos en un formato adecuado en la vía de comunicación; también se puede utilizar otro enrutamiento-protocolo MAC para obtener una comunicación eficiente entre los dispositivos (Rathore et al., 2019).

Aquí existe lugar para la comunicación entre personas, máquinas y aplicaciones informáticas.

Capa Procesamiento en Nube: La tecnología IoT se encarga de la adquisición-captura de datos de atención médica en la capa de Generación de Datos y capa de Redes; en esta capa de procesamiento se realiza la fusión de datos heterogéneos obtenidos desde los dispositivos, sistemas y bases de datos del hospital, luego se realiza el almacenamiento, planificación, limpieza y análisis de los datos en grado granular. Las tecnologías IoT y Big Data mantienen la privacidad-seguridad de la información médica y seguridad en el almacenamiento.

La tarea principal de esta capa, es realizar los pasos para el procesamiento de datos masivos que son: examinar, pre-procesamiento, clasificación, conversión, presentación y generación de alertas (Yadav & Hasija, 2022), (Paraschiv et al., 2022). Para el almacenamiento de datos es necesario una plataforma escalable porque los datos de salud están en aumento, una nube agiliza el almacenamiento y la gestión de datos en forma sencilla, con plataformas flexibles en gestión y estructuras ágiles; las empresas que ofrecen plataformas en la nube son Amazon, IBM, Google, entre otros, que ofrecen varias ventajas en la atención médica e intercambio de datos

entre médicos-pacientes-instituciones, estos proveedores de computación en la nube aseveran que sus servicios son seguros y confiables (Demirbaga & Aujla, 2022).

Aquí, la gestión de datos es importante en la asistencia sanitaria porque ayuda en la evaluación de riesgos del hospital, se hace presente la gobernabilidad de los datos mediante los pasos señalados anteriormente, además se debe seguir la legislación concerniente con las normas de salud y las normas del gobierno de Ecuador, que aborda la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos y la gestión de la privacidad realizada por el hospital.

Los datos que se almacenan son: los datos de sensores, genomas, información molecular, radiografía, los datos médicos, datos de los médicos, datos de los pacientes, datos de los cuidadores, registros médicos electrónicos y reclamos médicos; se almacenan los datos en formatos No SQL, HDFS, texto, entre otros.

En la nube se ubican los servicios que entregan un soporte funcional al sistema de salud en la nube tales como: servicio para otras organizaciones médicas, servicio para pacientes, servicio para cuidadores y servicio para terceros como compañía de seguros o gobiernos, servicios de facturación para garantizar el pago de tarifas y otras funciones afines. Otros servicios son a proveedores, operación y requisitos. La arquitectura debe contar con la administración de los servicios, administración de datos y administración de conocimiento que generen los datos médicos.

Se recomienda utilizar Apache Hadoop para Big Data que es una plataforma de código libre muy utilizada en análisis distribuido y almacenamiento de grandes datos y está basado en MapReduce; este software puede gestionar petabytes en tipos de datos estructurados-semiestructurados-no estructurados; Hadoop contiene tres componentes básicos: el primero es MapReduce que procesa los datos, el segundo es Hadoop Distributed File System (HDFS) que almacena los datos, el último es Yet Another Resource Negotiator (YARN) que gestiona los recursos y programación de trabajos. HDFS es un “sistema de archivos distribuido” elaborado para almacenar y analizar enormes cantidades de datos en aplicaciones informáticas con gran ancho de banda. MapReduce facilita la conversión y la exploración de extendidas colecciones de datos. Hadoop tiene una gran característica que es distribuir datos y cálculos entre muchas computadoras, y los cálculos se ejecutan en paralelo, además es escalable, rentable, flexible, velocidad y resistente a fallas. MapReduce es una aplicación informática distribuida que usa un método distribuido-paralelo que procesa los datos masivos elaborados para trabajar con

archivos replicados en HDFS; contiene las funciones Map y Reduce que se ejecuta en tres pasos: map, shuffle y reduce. En la etapa map, un nodo de trabajo estudia los datos y crea pares clave-valor, a través de la función de mapa que divide los datos de entrada en muchas piezas pequeñas; en la etapa Shuffle, estos emparejamientos se fraccionan por clave; en la etapa el reductor recibe los grupos, y cada reductor crea un nuevo conjunto resultante que almacena en HDFS; luego que se completa el mapeo y reducción, Hadoop procede a ensamblar los datos resultantes y los muestra al usuario como un solo conjunto. YARN ejecuta todas las tareas de procesamiento a través de la asignación de recursos y la programación de tareas (Demirbaga & Aujla, 2022).

En otras palabras, en este caso que es Big Data para obtener eficiencia, los datos masivos se dividen en fragmentos pequeños y luego se procesa cada fragmento; luego los fragmentos se agrupan y se almacenan para los estudios o análisis, esto lo hace la arquitectura de procesamiento paralelo llamada Hadoop a través de MapReduce y el sistema de archivos HDFS (Rathore et al., 2019).

Capa Presentación de Datos: El monitoreo o seguimiento en tiempo real es una demanda en crecimiento. La arquitectura presenta en un primer grupo de datos del día, como cantidad de enfermeras y disponibles, cantidad de doctores y disponibles, cantidad de especialistas y disponibles, lista de medicinas disponibles, cantidad de tratamientos, cantidad de camas y disponibles, cantidad de pacientes internados, cantidad de diagnósticos, cantidad de imágenes, cantidad de resonancias, cantidad de dispositivos médicos, estado de dispositivos de dispositivos médicos. En un segundo grupo de datos se presenta por lista de pacientes y cada paciente puede presentar el detalle de datos como signos vitales, tratamiento, advertencia, monitoreo de signos vitales, diagnóstico de enfermedades, recordatorio de medicación, evaluación médica; estos últimos datos requieren rápida e inmediata solución al paciente y su entorno que logre encender las alertas tempranas.

Los datos pueden ser accedidos por aplicaciones web o móviles por medio de computadoras, teléfonos móviles o dispositivos portátiles, la decisión de que la nube sea en un entorno privado o público no interfiere con la exposición de los datos.

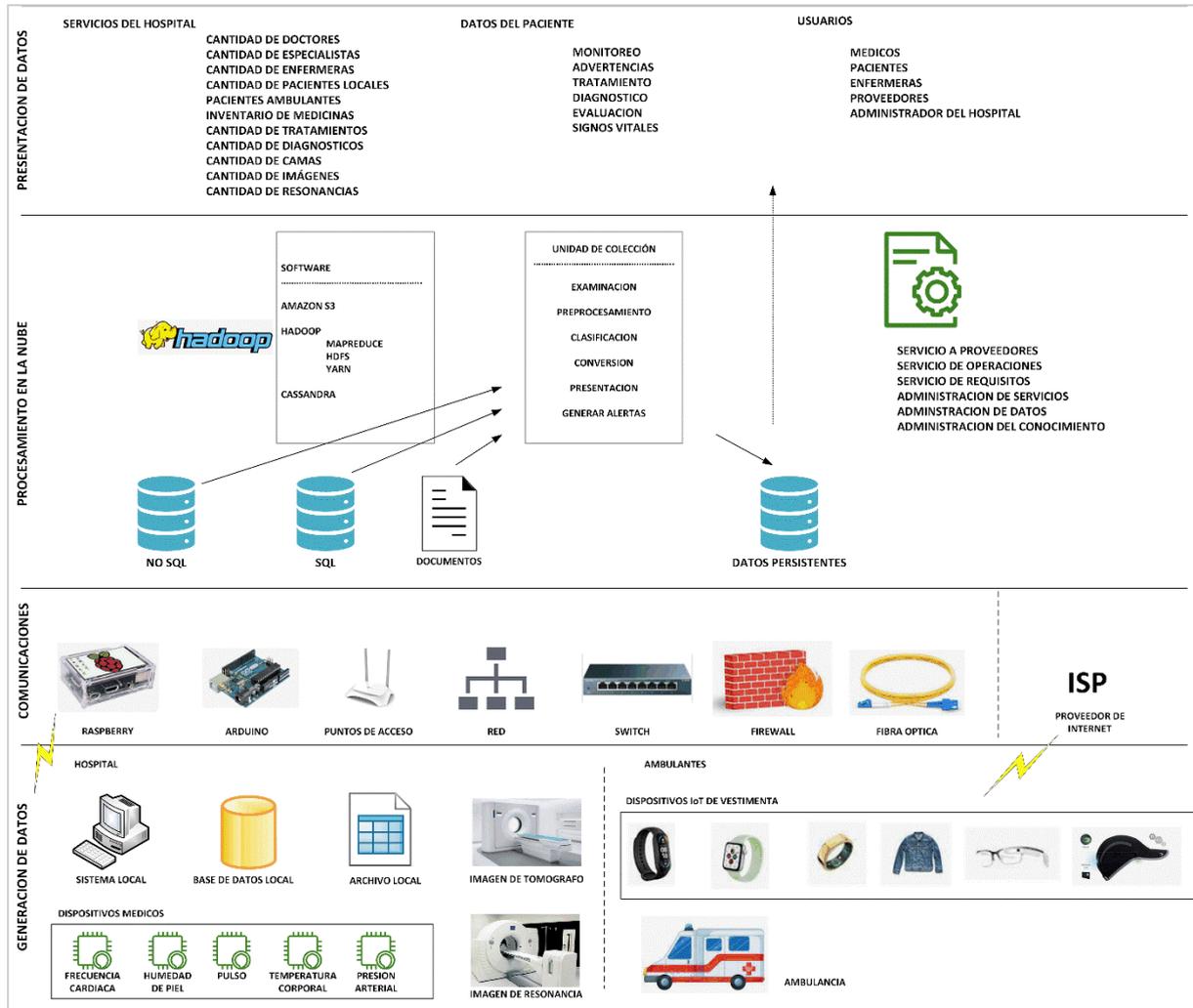


Figura 12. Arquitectura basada en IoT y Big Data.

Es posible adicionar el análisis de la información mediante aprendizaje automático y métodos de reconocimiento de patrones; el análisis puede ser en dos categorías, en tiempo real y análisis predictivo. El análisis en tiempo real genera indicadores de control para los dispositivos utilizados de acuerdo a sus medidas y sensores, seguimiento de datos, respuestas inmediatas, por ejemplo paro cardíaco y signos vitales del paciente (temperatura corporal, frecuencia cardíaca, presión arterial, frecuencia respiratoria y frecuencia de movimiento). El análisis predictivo realiza un análisis de los datos históricos para vaticinar eventos futuros que auxilien a los médicos en la toma de decisiones y optimizar el tratamiento de los pacientes, por ejemplo la predicción de riesgo en sufrir un paro cardíaco y recomendar al paciente que se realice exámenes.

Evaluar la arquitectura IoT mediante el estándar IEEE P2413 y evaluar el modelo Big Data mediante el estándar ISO 20547-5 para verificación de los diseños.

En esta fase, se evalúa la arquitectura IoT y Big Data con dos estándares.

El primer estándar IEEE P2413 evalúa la arquitectura IoT propuesta en esta investigación mediante la respuesta a los parámetros, la tabla 4 muestra el cumplimiento del modelo que le da puntuación de 88.88%, esto quiere decir que sí cumple este estándar; la arquitectura está distribuida en 4 capas, se responden preguntas como: si utiliza capa de comunicación, si utiliza aplicaciones como Amazon, Hadoop y Casandra, si utiliza capa de presentación de datos (plataforma), si utiliza Cloud Computing en la capa de nube, si utiliza Big Data; los índices buscan visualizar el estado operativo del hospital y de los pacientes, y las aplicaciones Amazon, Hadoop y Casandra son colaborativas en la gestión de los grandes volúmenes de datos; el modelo propuesto no utiliza Edge Computing porque se considera que los dispositivos médicos del hospital y la comunicación son suficientes para la captura de datos y los tiempos de respuesta son aceptables por cuanto los dispositivos son estacionarios y la red actual tiene tráfico de datos aceptables.

Tabla 4. Parámetros IEEE P2413 sobre la arquitectura IoT-Big Data

Parámetros	Respuesta	Puntaje
Dominio	Salud	
Aplica capa de dispositivos	Si	11.11%
Aplica capa de red de comunicación	Si	11.11%
Aplica capa de plataforma	Si	11.11%
Aplica capa de aplicaciones	Si	11.11%
Aplica Cloud Computing	Si	11.11%
Aplica Edge Computing	No	0%
Aplica Big Data	Si	11.11%
Visualiza el estado operativo	Si	11.11%
Colaboración entre aplicaciones	Si	11.11%
Model Kind	Diagrama UML	
Architecture viewpoint	Información en línea para los administradores, doctores y pacientes del hospital obtenida de los sensores médicos	
Concern	El beneficio es conocer los servicios disponibles del hospital y datos de pacientes	
Stakeholder	Pacientes, doctores, enfermeras	
Correspondence rule	Interconexión e interacción dentro del hospital	
Evaluación		88.88%

Fuente: Autores.

La norma ISO 20547-5 evalúa el modelo Big Data de la infraestructura lógica mediante los parámetros. El primer parámetro es Requisito como variedad, velocidad, volumen y valor que la infraestructura puede soportarlos en su repositorio ubicado en la nube. El segundo parámetro

es Seguridad que la aplica el proveedor de la nube y los dispositivos médicos. El tercer parámetro es Privacidad que se cumple porque el software Hadoop y los servicios mantienen a salvo los datos del hospital y los datos de los pacientes. El cuarto parámetro es la verificación de arquitectos en que dos ingenieros de sistemas revisaron y recomendaron una mejora a la infraestructura lógica, la recomendación fue separar los pacientes internados y los pacientes ambulantes, la otra recomendación fue nombrar a los usuarios, dichas mejoras se aplicaron al modelo presente en este documento. El quinto parámetro es la verificación por proveedores de aplicaciones en que otro ingeniero de sistemas recomendó separar la información del hospital y pacientes, dicha mejora se aplicó al modelo presente en este documento. El sexto parámetro no fue posible por no encontrar proveedores de servicio locales o no contestar a la revisión de la infraestructura. La tabla 5 muestra el cumplimiento del modelo que le da puntuación de 83.35%; esto quiere decir que sí cumple este estándar.

Tabla 5. Parámetros ISO 20547-5 sobre la arquitectura IoT-Big Data

Parámetros	Respuesta	Tipo
Dominio	Salud	
Requisitos	Si	16.67%
Seguridad	Si	16.67%
Privacidad	Si	16.67%
Verificada por arquitectos	Si	16.67%
Verificada por proveedor de aplicaciones	Si	16.67%
Verificada por proveedor de almacenamiento	No	0%
Evaluación		83.35%

Fuente: Autores.

5. DISCUSIÓN

1.- Los resultados de esta investigación tienen relación en la siguiente manera, se revisó documentación científica para conocer modelos en IoT y Big Data en 55 artículos seleccionados; el análisis sistemático de los artículos sirvió de base para adoptar las posibles fuentes, elementos de IoT, herramientas de Big Data, datos de salud y tipos de indicadores; estos componentes se adoptaron para diseñar una arquitectura con captura de datos en IoT y el modelo para procesamiento en Big Data, y ser fuente de información de los servicios de un hospital público; la arquitectura se relaciona con la evaluación cuantitativa-cualitativa mediante el estándar IEEE P2413 para la red IoT, y la evaluación cuantitativa mediante el estándar ISO 20547-5 para el modelo Big Data, ambos con resultados sobre el 80% de puntuación.

2.- Como limitaciones no resueltas en esta investigación se expone que, existen desafíos que se pueden abordar y aplicar a la arquitectura como: El primero es la Gestión de la Seguridad que se entiende como la protección de la privacidad, accesos granulares, aplicar criptografía, tener registros de intercambio, certificar la procedencia de los datos; sin embargo, hay que asegurar el acceso rápido a los datos cifrados y además que el cifrado no perturbe los tiempos de procesamiento. El segundo es la Variedad de Datos que se entiende como la gestión de datos obtenidos desde diferentes recursos y con diferentes estructuras, este problema puede solucionarse con la estandarización de datos. El tercero es la Escalabilidad de Datos que se entiende como la capacidad que brindan Amazon, Google y Microsoft. Un cuarto desafío es el desarrollo de sistemas automáticos que realicen la carga de los datos. Un quinto desafío es aplicar el Análisis de Datos que es la “conversión de datos sin procesar” y se puede aplicar el análisis descriptivo, análisis de diagnóstico, análisis predictivo y análisis prescriptivo.

3.- Esta investigación concuerda en sus resultados con otros trabajos publicados: en la generación de datos de dispositivos y sistema (Babbar & Rani, 2022), el seguimiento de pacientes (Shaikh et al., 2020), la utilización de sensores médicos (Mararif et al., 2019), presentación de indicadores de medicinas, problemas de salud, lista de diagnósticos (Babbar & Rani, 2022), obtener datos de equipos de imágenes médicas (Xu et al., 2019), la utilización de herramientas como Hadoop y MapReduce para almacenar y analizar los datos (Yadav & Hasija, 2022). Además concuerda en la presentación de la infraestructura en capas con (Yang, 2020), (Yadav & Hasija, 2022), (Liu et al., 2019), (Xu et al., 2019), (Raj, 2022), (Al-Salmi et al., 2019), (Mararif et al., 2019). Concuerda en las etapas de procesamiento de los grandes datos en la nube

(Yadav & Hasija, 2022), (Hayat & Reda, 2022), (Paraschiv et al., 2022). Concuerda en el uso de Hadoop con (Demirbaga & Aujla, 2022), (Demirbaga & Aujla, 2022), (Bajaj et al., 2022), (Hayat & Reda, 2022), (Ntehelang et al., 2019), (Zhao et al., 2021), (Rathore et al., 2019), (Zang & You, 2023).

4.- La consecuencia teórica de esta investigación son los altos beneficios de la nube como escalabilidad, memoria, gestión de los grandes datos, y suministra una infraestructura de almacenamiento fuerte y eficiente para el almacenamiento y procesamiento de los datos sea en línea o fuera de línea. La aplicación es practica porque el monitoreo de la salud e informes en un hospital tiene potencial en los dispositivos médicos, bases de datos, imágenes, entre otros; que sirven para verificar la salud de los pacientes y estado de las actividades del hospital; además los sensores médicos pueden examinarse en forma inmediata, o envío de alerta al médico o especialista. Los datos generados en la industria de la salud y Big Data se pueden complementar muy bien, además Big Data exige dispositivos adecuados y software para gestionar bien la información; aunque el desarrollo de un sistema informático médico requiere de experiencia.

5.- La revisión sistemática de la literatura nos entrega 55 artículos científicos de tres diferentes bibliotecas, de esto se conoce que: Salud y Ciudad inteligente son las áreas que más se utilizan en IoT y Big Data; Dispositivos y bases de datos son las fuentes de datos que más se utilizan en IoT y Big Data; Sensores y Nube son los elementos que más se utilizan en IoT; Aplicaciones Web y móviles son las herramientas que más se utilizan para desarrollar IoT; Fuentes de datos y salidas de interfaces son los elementos que más se utilizan en Big Data; Apache y Hadoop son las herramientas que más se utilizan para desarrollar Big Data; el pulso, presión, temperatura, frecuencia cardiaca son los datos de salud más capturados en los modelos IoT y Big Data; Sensores de Salud son los dispositivos que más se utilizan en IoT y Big Data; Diagnóstico y Evaluación son indicadores comunes de salud que se presentan en IoT y Big Data; Analytics y Machine Learning son tecnologías que más se utilizan en IoT y Big Data. En este modelo se pueden adicionar farmacias externas, consultorios externos, casas de acogidas temporales, seguros de salud y otros proveedores externos para que puedan dar sus servicios al paciente en base a los indicadores del hospital; además de proveedores de hardware o software para el hospital dueño de los datos, y estén atentos a cambios o cuidados de la red interna y datos del hospital.

6. CONCLUSIÓN

IoT y Big Data logran una alta capacidad de información, los avances de dispositivos en la atención médica unen a diferentes científicos, especialistas, ingenieros, verificadores de estudios clínicos, empresarios y expertos que deben colaborar en forma integrada; Big Data se utiliza para la extracción de datos, análisis de datos y toma de decisiones.

La información de los servicios de un hospital público se puede obtener desde un sistema captura y procesamiento de datos en tiempo real basado en IoT y la explotación del Big Data; la arquitectura entrega una solución en la generación de información macro y micro de pacientes para desarrollar un seguimiento continuo de los servicios y monitoreo de los pacientes.

Se diseñó una infraestructura lógica que consiste en cuatro capas como generación de datos, comunicaciones, procesamiento en nube y presentación de datos, que brinda información de servicios y además detalle de pacientes; los administradores del hospital pueden verificar la disponibilidad de los servicios hospitalarios ofrecidos por los dispositivos médicos y sistemas, además los médicos locales o remotos pueden verificar el estado de los pacientes; al establecer una conexión entre administradores y médicos, se complementa los servicios para la atención a los pacientes en tiempo real.

El estándar P2413 es un marco arquitectónico que indica que la infraestructura lógica tiene 88.88% y es válida-cumple un estándar abierto a la comunidad y mantiene interconectado a la sociedad. La norma ISO 20547-5 evalúa la infraestructura lógica con 83.35% mediante los parámetros.

REFERENCIAS

- Abdul Jalil, N., & Wong Ei Leen, M. (2022). Big Data in the Era of Pandemic COVID-19 : Application of IoT based data analytics, Machine Learning and Artificial Intelligence. *ACM International Conference Proceeding Series*, 361–367. <https://doi.org/10.1145/3524383.3524433>
- Al-Salmi, J. A., Al-Foori, A. A., Al-Jahwari, A. Y., & Hajamohideen, F. (2019). Smart Emergency - A Conte4tual Framework for Cognitive Understanding of IoT Devices using Big Data Analytics. *2nd Smart Cities Symposium (SCS 2019)*, 60 (4 pp.)-60 (4 pp.). <https://doi.org/10.1049/cp.2019.0233>
- Alam, T. (2022). Blockchain cities: the futuristic cities driven by Blockchain, big data and internet of things. *GeoJournal*, 87(6), 5383–5412. <https://doi.org/10.1007/s10708-021-10508-0>
- Alamri, A. (2019). Big Data with Integrated Cloud Computing for Prediction of Health Conditions. *2019 International Conference on Platform Technology and Service, PlatCon 2019 - Proceedings*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/PlatCon.2019.8669432>
- Alamri, B., Javed, I. T., & Margaria, T. (2021). A GDPR-Compliant Framework for IoT-Based Personal Health Records Using Blockchain. *2021 11th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security, NTMS 2021*, 8–12. <https://doi.org/10.1109/NTMS49979.2021.9432661>
- Amaechi, E. S., & Van Pham, H. (2020). Enhancement of convolutional neural networks classifier performance in the classification of IoT big data. *ACM International Conference Proceeding Series*, 25–29. <https://doi.org/10.1145/3380688.3380702>
- Asri, H., & Jarir, Z. (2023). Toward a smart health: big data analytics and IoT for real-time miscarriage prediction. *Journal of Big Data*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00704-9>
- Babbar, H., & Rani, S. (2022). Big Data Healthcare in South Africa for IoT using Deep Learning. *2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI)*, 347–352. <https://doi.org/10.1109/ICDABI56818.2022.10041557>
- Bajaj, K., Sharma, B., & Singh, R. (2022). Implementation analysis of IoT-based offloading frameworks on cloud/edge computing for sensor generated big data. *Complex and Intelligent Systems*, 8(5), 3641–3658. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00434-6>
- Bansal, M., & Gandhi, B. (2019). IoT & Big Data in Smart Healthcare (ECG Monitoring). *2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon)*, ii, 390–396. <https://doi.org/10.1109/COMITCon.2019.8862197>
- Bide, P., & Padalkar, A. (2020). Survey on Diabetes Mellitus and incorporation of Big data, Machine Learning and IoT to mitigate it. *2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/ICACCS48705.2020.9074202>
- Biswas, R. (2022). Outlining Big Data Analytics in Health Sector with Special Reference to Covid-19. *Wireless Personal Communications*, 124(3), 2097–2108. <https://doi.org/10.1007/s11277-021-09446-4>
- Chen, R. Y. (2019). IoT-enabled supply chain finance risk management performance big data analysis using fuzzy QFD. *ACM International Conference Proceeding Series*, 82–86. <https://doi.org/10.1145/3358528.3358552>
- Chhowa, T. T., Rahman, M. A., Paul, A. K., & Ahmmed, R. (2019). A Narrative Analysis on Deep Learning in IoT based Medical Big Data Analysis with Future Perspectives. *2nd International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering*,

- ECCE 2019, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ECACE.2019.8679200>
- Chi, Y. (2021). Application and Research of Deep Mining of Health Medical Big Data Based on Internet of Things. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1659–1668. <https://doi.org/10.1145/3495018.3495462>
- Demirbaga, U., & Aujla, G. S. (2022). MapChain: A Blockchain-Based Verifiable Healthcare Service Management in IoT-Based Big Data Ecosystem. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 19(4), 3896–3907. <https://doi.org/10.1109/TNSM.2022.3204851>
- Ding, W., Zhao, Z., Wang, J., & Li, H. (2020). Task Allocation in Hybrid Big Data Analytics for Urban IoT Applications. *ACM/IMS Transactions on Data Science*, 1(3), 1–22. <https://doi.org/10.1145/3374751>
- Dou, Y., & Liu, H. (2019). Intelligence : Novel Ideas based on Health Nation Plan. *2019 Third International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, 56–60.
- Fernández-Gómez, A. M., Gutiérrez-Avilés, D., Troncoso, A., & Martínez-Álvarez, F. (2023). A new Apache Spark-based framework for big data streaming forecasting in IoT networks. *Journal of Supercomputing*, 79(10), 11078–11100. <https://doi.org/10.1007/s11227-023-05100-x>
- Hajiheydari, N., Talafidaryani, M., & Khabiri, S. H. (2019). IoT Big data value map: How to generate value from IoT data. *ACM International Conference Proceeding Series*, 98–103. <https://doi.org/10.1145/3312714.3312728>
- Hayat, H., & Reda, G. A. (2022). An IoT and spatial Big data based architecture for monitoring Occupational Health Risks exposure. *Proceedings of the 2022 1st International Conference on Big Data, IoT, Web Intelligence and Applications, BIWA 2022*, 13–18. <https://doi.org/10.1109/BIWA57631.2022.10037804>
- He, A., Shen, J., Wang, Y., & Liu, L. (2018). Research on the Fusion Model Reference Architecture of Sensed Information of Human Body for Medical and Healthcare IoT. *Proceedings - 2018 17th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science, DCABES 2018*, 162–164. <https://doi.org/10.1109/DCABES.2018.00049>
- Honar Pajoo, H., Rashid, M. A., Alam, F., & Demidenko, S. (2021). IoT Big Data provenance scheme using blockchain on Hadoop ecosystem. *Journal of Big Data*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00505-y>
- IEEE-P2413. (2018). Standard for an architectural framework for the Internet of Things (IoT) - IEEE P2413. In *Proceedings of the International Instrumentation Symposium* (Issue September).
- INEC. (2023). *Estadísticas de Atención en Salud*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censo Del Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/camas-y-egresos-hospitalarios/>
- ISO-20547-5. (2018). *reference architecture - Standards roadmap* (Vol. 2018).
- Jagadeeswari, V., Subramaniaswamy, V., Logesh, R., & Vijayakumar, V. (2019). A study on medical Internet of Things and Big Data in personalized healthcare system. *Health Information Science and Systems*, 6(1), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s13755-018-0049-x>
- Jamil, H., Umer, T., Ceken, C., & Al-Turjman, F. (2021). Decision Based Model for Real-Time IoT Analysis Using Big Data and Machine Learning. *Wireless Personal Communications*, 121(4), 2947–2959. <https://doi.org/10.1007/s11277-021-08857-7>
- Jeon, G., Albertini, M., Bellandi, V., & Chehri, A. (2022). Intelligent mobile edge computing for IoT big data. *Complex and Intelligent Systems*, 8(5), 3595–3601. <https://doi.org/10.1007/s40747-022-00821-7>

- Kaur, K., Verma, S., & Bansal, A. (2021). IOT Big Data Analytics in Healthcare: Benefits and Challenges. *Proceedings of IEEE International Conference on Signal Processing, Computing and Control, 2021-October*, 176–181. <https://doi.org/10.1109/ISPC53510.2021.9609501>
- Khan, M., Han, K., & Karthik, S. (2018). Designing Smart Control Systems Based on Internet of Things and Big Data Analytics. *Wireless Personal Communications*, 99(4), 1683–1697. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5336-y>
- Kumar Sadineni, P. (2020). Developing a model to enhance the quality of health informatics using big data. *Proceedings of the 4th International Conference on IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud, ISMAC 2020*, 1267–1272. <https://doi.org/10.1109/ISMAC49090.2020.9243395>
- Lau, Y. M., Wang, K. L., Wang, Y. H., Yiu, W. H., Ooi, G. H., Tan, P. S., Wu, J., Leung, M. L., Lui, H. L., & Chen, C. W. (2023). Monitoring of rainfall-induced landslides at Songmao and Lushan, Taiwan, using IoT and big data-based monitoring system. *Landslides*, 20(2), 271–296. <https://doi.org/10.1007/s10346-022-01964-x>
- Li, W., Chai, Y., Khan, F., Jan, S. R. U., Verma, S., Menon, V. G., Kavita, & Li, X. (2021). A Comprehensive Survey on Machine Learning-Based Big Data Analytics for IoT-Enabled Smart Healthcare System. *Mobile Networks and Applications*, 26(1), 234–252. <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01700-6>
- Liu, Y., Zhang, L., Yang, Y., Zhou, L., Ren, L., Wang, F., Liu, R., Pang, Z., & Deen, M. J. (2019). A Novel Cloud-Based Framework for the Elderly Healthcare Services Using Digital Twin. *IEEE Access*, 7, 49088–49101. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2909828>
- Manimuthu, A., Dharshini, V., Zografopoulos, I., Priyan, M. K., & Konstantinou, C. (2021). Contactless Technologies for Smart Cities: Big Data, IoT, and Cloud Infrastructures. *SN Computer Science*, 2(4), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00719-0>
- Mararif, M. R., Priyanto, A., Setiawan, C. B., & Winar Cahyo, P. (2019). The Design of Cost Efficient Health Monitoring System based on Internet of Things and Big Data. *9th International Conference on Information and Communication Technology Convergence: ICT Convergence Powered by Smart Intelligence, ICTC 2018*, 52–57. <https://doi.org/10.1109/ICTC.2018.8539374>
- Massaro, A., Ricci, G., Selicato, S., Raminelli, S., & Galiano, A. (2020). Decisional Support System with Artificial Intelligence oriented on Health Prediction using a Wearable Device and Big Data. *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2020 - Proceedings*, 718–723. <https://doi.org/10.1109/MetroInd4.0IoT48571.2020.9138258>
- Mehmood, E., & Anees, T. (2020). Challenges and Solutions for Processing Real-Time Big Data Stream: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*, 8, 119123–119143. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3005268>
- Moqurrab, S. A., Anjum, A., Khan, A., Ahmed, M., Ahmad, A., & Jeon, G. (2022). Deep-Confidentiality: An IoT-Enabled Privacy-Preserving Framework for Unstructured Big Biomedical Data. *ACM Transactions on Internet Technology*, 22(2). <https://doi.org/10.1145/3421509>
- MSP. (2023). *Hospitales del Ecuador*. <https://www.presidencia.gob.ec/ecuador-cuenta-con-44-hospitales-publicos-acreditados-internacionalmente-video/>
- Nations, U. (2023). *Sustainable Development Goals (SDGs)*. <https://www.un.org/en/>
- Ntehelang, G., Isong, B., Dladlu, N., & Lugayizi, F. (2019). IoT-based big data analytics issues in healthcare. *ACM International Conference Proceeding Series*, 16–21.

- <https://doi.org/10.1145/3369555.3369573>
- Padmanabha Reddy, Y. C. A., Parameswaran, T., & Sathiyaraj, R. (2021). A Smart Environment Monitoring Framework Using Big Data and IoT. *2021 IEEE Mysore Sub Section International Conference, MysuruCon 2021*, 399–404. <https://doi.org/10.1109/MysuruCon52639.2021.9641609>
- Paraschiv, E. A., Petrache, C. M., & Bica, O. (2022). On the continuous development of IoT in Big Data Era in the context of Remote Healthcare Monitoring & Artificial Intelligence. *2022 14th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2022*, 0–5. <https://doi.org/10.1109/ECAI54874.2022.9847503>
- Plageras, A. P., & Psannis, K. E. (2018). Algorithms for Big Data Delivery over the Internet of Things. *EEE 19th Conference on Business Informatics (CBI)*, 1, 202–206. <https://doi.org/10.1109/CBI.2017.27>
- Ponmalar, A., Maansi, S., Mahalakshmi, S., Shalini, M., & Madhavan, R. (2021). Mobile application for hospital management system. *Proceedings - 5th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems, ICICCS 2021, Icccs*, 1434–1437. <https://doi.org/10.1109/ICICCS51141.2021.9432286>
- Raj, N. (2022). Analysis of Fog Computing: An Integrated Internet of Things (IoT) Fog Cloud Infrastructure for Big Data Analytics and Cyber Security. *2023 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Communication, AISC 2023*, 1215–1219. <https://doi.org/10.1109/AISC56616.2023.10085681>
- Rani, R., Khurana, M., Kumar, A., & Kumar, N. (2022). Big data dimensionality reduction techniques in IoT: review, applications and open research challenges. *Cluster Computing*, 25(6), 4027–4049. <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03634-y>
- Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., Wan, J., & Zhang, D. (2019). Real-time Medical Emergency Response System: Exploiting IoT and Big Data for Public Health. *Journal of Medical Systems*, 40(12). <https://doi.org/10.1007/s10916-016-0647-6>
- Rosati, R., Romeo, L., Cecchini, G., Tonetto, F., Viti, P., Mancini, A., & Frontoni, E. (2023). From knowledge-based to big data analytic model: a novel IoT and machine learning based decision support system for predictive maintenance in Industry 4.0. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 34(1), 107–121. <https://doi.org/10.1007/s10845-022-01960-x>
- Shaikh, Y., Parvati, V. K., & Biradar, S. R. (2020). Role of IoT and bigdata analytics in healthcare for disease prediction. *2020 International Conference on Convergence to Digital World - Quo Vadis, ICCDW 2020, Iccdw*. <https://doi.org/10.1109/ICCDW45521.2020.9318662>
- Sharma, N., & Sharma, R. (2022). Real-time monitoring of physicochemical parameters in water using big data and smart IoT sensors. In *Environment, Development and Sustainability* (Issue 0123456789). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02142-8>
- Suciu, G., Suciu, V., Martian, A., Craciunescu, R., Vulpe, A., Marcu, I., Halunga, S., & Fratu, O. (2019). Big Data, Internet of Things and Cloud Convergence – An Architecture for Secure E-Health Applications. *Journal of Medical Systems*, 39(11). <https://doi.org/10.1007/s10916-015-0327-y>
- Sun, X., Lyu, Z., Shen, Z., Hu, C., & An, X. (2022). *Research on the Application of Energy Wisdom Based on Power Iot and Big Data*. 51–55. <https://doi.org/10.1145/3578339.3578347>
- Xu, G., Peng, Y., Che, W., Lan, Y., Zhou, W., Huang, C., Li, W., Zhang, W., Zhang, G., Ng, E. Y. K., & Cheng, Y. (2019). An IoT-Based Framework of Webvr Visualization for Medical Big Data in Connected Health. *IEEE Access*, 7, 173866–173874.

- <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2957149>
- Yadav, K., & Hasija, Y. (2022). IoT and Big Data Inter-Relation: A Boom in Biomedical Healthcare. *2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/DELCON54057.2022.9753239>
- Yang, Y. (2020). Medical Multimedia Big Data Analysis Modeling Based on DBN Algorithm. *IEEE Access*, 8, 16350–16361. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2967075>
- Zameer, A., Saqib, M., Naidu, V. R., & Ahmed, I. (2019). IoT and Big Data for Decreasing Mortality rate in Accidents and Critical illnesses. *2019 4th MEC International Conference on Big Data and Smart City (ICBDSC)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICBDSC.2019.8645579>
- Zang, J., & You, P. (2023). An industrial IoT-enabled smart healthcare system using big data mining and machine learning. *Wireless Networks*, 29(2), 909–918. <https://doi.org/10.1007/s11276-022-03129-z>
- Zhao, Y., Megdiche, I., Ravat, F., & Dang, V. N. (2021). A Zone-Based Data Lake Architecture for IoT, Small and Big Data. *ACM International Conference Proceeding Series*, 94–102. <https://doi.org/10.1145/3472163.3472185>
- Zhou, R., Zhang, X., Wang, X., Yang, G., Guizani, N., & Du, X. (2021). Efficient and Traceable Patient Health Data Search System for Hospital Management in Smart Cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(8), 6425–6436. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3028598>