



Big Data y Fog Computing aplicados al sistema de la salud

Big Data and Fog Computing applied to the health system

 <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v2.n2.2023.106-116>

Recibido: 11-08-2023

Aceptado: 11-10-2023

Publicado: 01-12-2023

Suzanne Guerra González^{1*}

 <https://orcid.org/0000-0002-1484-5536>

Dionel Dayán Álvarez Figueredo²

 <https://orcid.org/0000-0002-1055-8476>

1. Estudiante de la Brigada BDFC102, Facultad CITEC, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.
2. Estudiante de la Brigada BDFC102, Facultad CITEC, Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba.

Volumen: 2

Número: 2

Año: 2023

Paginación: 106-116

URL: <https://revistas.unesum.edu.ec/JTI/index.php/JTI/article/view/58>

***Correspondencia autor:** guerrag@estudiantes.uci.cu



RESUMEN

El Big Data (BD) ha tenido un desarrollo vertiginoso, logrando impactar a todos los sectores de la sociedad. En este trabajo analizamos algunas de las aplicaciones más exitosas de esta tecnología. En el ámbito de la salud la generación de datos aumenta cada minuto, el camino a seguir para lograr su procesamiento ha sido el uso de técnicas de BD. La generación del BD en salud viene desde los clásicos sistemas de gestión, hasta la creciente generación de datos captados por los dispositivos de Internet de las cosas. La contribución del BD a la Salud, al convertir todos estos datos en información, es uno de los temas que se tratan en el presente trabajo. Describe cómo tecnologías avanzadas como la Computación en la Nube, la Niebla o de Borde, se han ido incorporando paulatinamente para resolver los problemas que ha enfrentado el BD para responder a soluciones de salud. La gestión de la salud es un problema global sin solución en la actualidad, lograr orquestrar todas estas tecnologías, pueden contribuir a una mejor gestión de la salud, este es un tema que aborda este trabajo. Finalmente, se hace un análisis de las principales herramientas de código abierto que se están utilizando para hacer BD en la actualidad.

Palabras clave: Big Data, Computación en la Nube, Internet de las cosas, salud.

ABSTRACT

Big Data (BD) has had rapid development, managing to impact all sectors of society. In this work we analyze some of the most successful applications of this technology. In the health field, the generation of data increases every minute; the way forward to achieve its processing has been the use of DB techniques. The generation of BD in health comes from classic management systems to the growing generation of data captured by Internet of Things devices. The contribution of the BD to Health, by converting all this data into information, is one of the topics discussed in this work. It describes how advanced technologies such as Cloud, Fog or Edge Computing have been gradually incorporated to solve the problems that the BD has faced in responding to health solutions. Health management is a global problem without a solution today, managing to orchestrate all these technologies can contribute to better health management, this is a topic that this work addresses. Finally, an analysis is made of the main open source tools that are currently being used to create BD.

Keywords: Big Data, Cloud Computing, IoT, health



Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)

Introducción

El BD tiene varios años, diferentes estudios y aplicaciones en diversos escenarios han demostrado la fortaleza de esta herramienta y sus beneficios. En el área de la medicina se han obtenido importantes resultados con la aplicación del BD y el Cloud Computing. Sin embargo, los principales resultados se han logrado con el análisis de información pasiva, por ejemplo, la recopilación de información de registros médicos electrónicos (Yalini & Sridevi, 2018).

Con algo menos de edad que el BD y la Computación en la Nube, surge el Internet de las Cosas (IoT), que ofrece la posibilidad de capturar y monitorizar en tiempo real el estado de las cosas. Se realizó un análisis de varios artículos científicos publicados entre 2006 y 2016 (Akoka et al., 2017), concluyendo que IoT es un aliado importante del BD, sin embargo, cuando se trata de publicaciones científicas, no existe una relación tan directa que lo demuestre. Esto prueba que IoT es un área de conocimiento que apenas comienza. El concepto de IoT se ha aplicado a todos los sectores de la sociedad. En el caso específico de la salud, ofrece la posibilidad de superar las limitaciones antes planteadas. Ya no solo es posible capturar los datos médicos de las personas de vez en cuando, con la aparición del IoT se puede hablar de monitorización, muchas veces en tiempo real (Sarabia-Jacome et al., 2018; Siow et al., 2018), de diferentes parámetros que permiten un análisis más completo con el BD que se genera.

Importantes limitaciones trajeron consigo el IoT. La aparición de Fog Computing ha sido un complemento perfecto para IoT. Existe una concesión en la comunidad científica de que el fog/edge computing ha venido a resolver muchas limitaciones que tenía la aplicación del BD con el Cloud Computing (Mahmud et al., 2018), a la hora de trabajar con información en tiempo real (Cornelio et al., 2016; González & Mar Cornelio, 2013). Se puede afirmar, que hoy más que nunca

se crean las condiciones para lograr una Salud verdaderamente Inteligente. La aplicación de Trilogía: BD, Fog e IoT contribuye a un mejor cuidado y preservación de la salud. El desafío presente está en articular todo este conocimiento de la ciencia, para explotarlo en toda su dimensión.

No se pueden ignorar algunos temores reales respecto a la seguridad y privacidad de la información en el caso de la salud (Patil & Seshadri, 2014). Un tema abierto a la investigación es cómo garantizar seguridad y privacidad de los datos de los pacientes. Hay muchas herramientas y arquitecturas que la literatura reúne para apoyar la salud inteligente (Ma et al., 2018). Existen varias soluciones de código abierto (Celesti et al., 2017), siendo este otro elemento en el que se profundiza en el desarrollo de este trabajo. Uno de los objetivos será estudiar las herramientas y tipos de análisis encontrados en la literatura para la aplicación exitosa de estas tecnologías en el campo de la medicina (Cornelio & Fonseca, 2016; Reyes et al., 2023).

Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión del estado del arte, sobre la aplicación específica de estas poderosas herramientas en la atención sanitaria. Contribuir a conseguir una salud inteligente, con el seguimiento de pacientes con determinadas enfermedades e incluso en personas sanas que están de interés, permitiendo así la prevención oportuna de diferentes enfermedades. Este trabajo es la antesala de una propuesta para abordar estos problemas con una arquitectura y herramientas de código abierto, para su implementación.

Desarrollo

Visión general de grandes datos

BD y análisis de datos vienen con un crecimiento acelerado durante los últimos años; se considera que dentro de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones es el área que más ha crecido en los últimos dos años, con una tasa de adopción

del 53 % a nivel mundial (Alonso-Almeida et al., 2012). Diferentes empresas y autores han estimado un enorme crecimiento de los datos globales. El término BD se refiere a una gran colección de datos no estructurados, semiestructurados y estructurados, que pueden gestionarse para obtener información (Singh et al., 2023). Dispositivos IoT, sensores de todo tipo, aplicaciones de ciudades inteligentes y redes sociales entre otros están generando minuto a minuto grandes cantidades de datos.

El término BD tiene un carácter multidisciplinario; se aplica transversalmente a todos los ámbitos de la sociedad. En una sola base de datos científica, se identificaron 441 trabajos, lo que evidencia la aplicación del BD en 12 dominios diferentes. BD se ha convertido en una importante herramienta de trabajo para que las organizaciones ganen en eficiencia; paso a paso se ha ido posicionando como un elemento esencial de la vida diaria. Con esta creciente ola de generación de datos, sería imposible convertirlos en información sin tecnologías como BD, por lo que no tendría sentido recopilar tanta información (González et al., 2023; Santos et al., 2023). Un ejemplo significativo, que muestra las apuestas de la comunidad científica a las investigaciones con BD está relacionado con las muertes por accidentes de tránsito. Según la Organización Mundial de la Salud, cada año en el mundo alrededor de 1,25 millones de personas mueren por accidentes de tráfico, siendo la principal causa de muerte en personas entre 15 y 29 años. Además del coste humano, tiene un coste material estimado en el 3 % del producto interior bruto. Para reducir estas alarmantes cifras se ha propuesto un proyecto para 2025, aplicando BD y análisis predictivo (Marin-Lamellet & Haustein, 2015).

Gestionar el mar de datos que mueve el término BD no es una tarea fácil, capturar datos, almacenarlos y analizarlos, luego compartarlos, transferirlos, consultarlos, actualizarlos oportunamente, de manera que los sistemas informáticos tradicionales no

pueden hacerlo (L'heureux et al., 2017). En la literatura existen diferentes propuestas para definir el término BD. La definición propuesta por Beyer y sus derivaciones es el más común, es un modelo basado en las tres 3V's (volumen, variedad, velocidad) para describir el término BD.

Aunque existen muchas ramificaciones de este modelo (Al-Rahamneh et al., 2022), se considera el que cuenta con mayor consenso en la literatura científica. Cuando hablamos de las 3V's nos referimos a: Volumen: El crecimiento de datos es un tema sorprendente, por ejemplo, en el área de la salud el estudio de imágenes de un solo paciente puede alcanzar dimensiones de 250 gigabytes de datos (Shaikh & Ali, 2020). Recopilar, almacenar y cuidar datos históricos es una prioridad de cualquier institución. Los datos pueden considerarse como uno de los principales activos y cuanto más tamaño adquiere su valor aumenta.

Velocidad: Cada día los datos se generan a mayor velocidad, todos son importantes, no hay que perder ninguno. El fenómeno no se limita a la velocidad con la que se generan los datos, sino al análisis en tiempo real de este flujo para la toma de decisiones y retroalimentación oportuna. Tanto la velocidad de generación como el análisis en tiempo real son prioridades y problemas a resolver mediante el BD (Rizwan et al., 2018).

Variedad: Con el creciente desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el BD se enfrenta a datos generados por múltiples fuentes al mismo tiempo, todas ellas con un gran volumen (El Houari et al., 2017). No es sólo un fenómeno de volumen, cada día para hacer un mejor BD existe la posibilidad de capturar datos de diversas fuentes.

Esta variedad permite realizar investigaciones cada vez más multidisciplinarias; por ejemplo, hoy en día no es concebible hacer un análisis de la salud de una persona sin considerar los factores ambientales de su entorno.

Aplicaciones principales

Los beneficios que ofrece el BD, relacionados con la posibilidad de realizar análisis de datos y tomar decisiones oportunas, han permitido obtener grandes avances. Su aplicación en cualquier empresa, industria o sector de la sociedad puede implicar un cambio de paradigma y de estrategias, consistente en asumir una mayor responsabilidad sobre sus escenarios de desarrollo y proyección de futuro (Uprety & Rawat, 2020).

En el caso del sector sanitario, se identifica como uno de los que más ha apostado por el uso del BD. La existencia de soluciones tecnológicas para la gestión sanitaria permite que la mayoría de los sistemas sanitarios cuenten con una cantidad importante de datos. Con el uso del BD será posible mejorar la calidad de los servicios en todos los niveles de salud. Desde hace un tiempo se vienen casos positivos con la aplicación del BD en la Salud.

La solución DataCare permite una gestión inteligente de la atención sanitaria. Asegura el seguimiento de diversos indicadores para el seguimiento del desempeño de los centros de salud, además de la posibilidad de estimar valores

futuros de estos y alerta cuando los resultados no son los deseados (Finkelstein et al., 2020). Como una de las motivaciones se presenta la necesidad de un sistema eficiente de apoyo a la toma de decisiones que permita clasificar los registros de los pacientes en función de diversos parámetros o síntomas. La necesidad de investigar para reducir la mortalidad por las enfermedades que más afectan a la población, así como su correcto diagnóstico ha encontrado en el BD una herramienta importante. Un ejemplo es la aplicación del BD para el estudio de la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, esta enfermedad es una de las principales causas de muerte a nivel mundial. Sus daños son especialmente significativos en el orden económico y social. El resultado de

un modelo de lucha contra esta enfermedad en la India es un éxito obtenido con la aparición del BD en la Sanidad (Koppad & Kumar, 2016).

Otro ejemplo de la contribución de una solución BD a la asistencia sanitaria se puede encontrar en la India. Se desarrolló una solución para escanear las recetas, cartas de referencia e informes de diagnóstico médico de un paciente, procesando la entrada de datos (Bansal et al., 2019). Con el uso de herramientas de procesamiento de imágenes es posible dirigir a los pacientes al departamento correspondiente, reduciendo los tiempos de espera para acceder a los servicios hospitalarios. La concentración de mucha gente en las grandes ciudades tiene como consecuencias para los servicios consumidos y las acciones naturales de las personas que la calidad del aire se deteriora con frecuencia. El sistema UH-BigDataSys (Chen et al., 2018) propone una solución para ayudar a las personas que viven en estas ciudades a solucionar este problema y llevar una vida saludable.

La detección temprana y el tratamiento oportuno aumentan las posibilidades de supervivencia en muchas enfermedades. Se necesita una salud proactiva para poder identificar problemas en las personas antes de que tengan una solución, siendo una de las principales tendencias donde se investiga el cuidado de la salud. El trabajo (Rizwan et al., 2018) presenta una revisión de la literatura sobre datos generados por nanosensores y nanoredes de comunicación para aplicaciones en Salud, elementos que pueden ayudar a un mejor estudio y seguimiento del estado de salud de los pacientes. Además de sus características nos permiten un seguimiento activo y en tiempo real del paciente. También propone un marco de BD para tener una Sanidad inteligente.

El proyecto Bip4cast (McKinlay & Stoeckle, 2020) integra nuevas fuentes de datos para producir conocimiento, ofreciendo la posi-

bilidad de predecir el trastorno bipolar. Uno de los temas en los que se realizan estudios importantes para el cuidado de la salud es la prevención de enfermedades. Es significativa la ayuda que recibe el personal de salud con la incorporación de este tipo de soluciones a su trabajo, disminuyendo sus limitaciones y presión para la toma de decisiones oportunas.

Otro beneficio es la posibilidad de aumentar el número de pacientes que pueden ser atendidos y estudiados simultáneamente, algo que sería complejo o imposible sin la presencia del BD para procesar el enorme volumen de datos que genera la Sanidad (Rahman & Slepian, 2016).

Big Data en la Computación en la Nube

El auge del BD ha implicado una demanda de enormes recursos informáticos. La nube ha ofrecido soluciones eficientes y elegantes que han permitido dar respuesta a estas demandas del BD. Se ha convertido en la plataforma ideal cuando se trata de necesidades de recursos de almacenamiento y procesamiento (Thakur & Jha, 2023). La computación en la nube se ha aplicado ampliamente en diferentes áreas, como la atención médica, los sistemas de vigilancia, el pronóstico del tiempo y los sistemas eficientes de administración de medicamentos; se considera la tecnología de más rápido crecimiento en la era moderna.

Las soluciones basadas en la nube están permitiendo el análisis de datos generados en tiempo real por dispositivos IoT; sin esta tecnología esto sería muy difícil de lograr (Sood et al., 2018). En la nube se encuentran los servicios de software y hardware necesarios para el funcionamiento exitoso del BD. Las fábricas modernas e inteligentes exigen el uso de almacenamiento y análisis de sus datos en la nube. El éxito de sus negocios depende en gran medida de la capacidad de computación y almacenamiento que tengan para lograr plataformas robustas y con un nivel de respuesta adecuado

(Ahn et al., 2018). No habrá vuelta atrás, el futuro está marcado en el mundo de la tecnología por el BD, el Data Mining y la IA que se pueden utilizar para adquirir más conocimientos.

Aplicación de Big Data y Computación de Niebla en el sector sanitario

Hoy en día, un tema emergente es la medicina de precisión con contribuciones prometedoras al bienestar humano. Varios estudios muestran la influencia del entorno social y ambiental en la salud de las personas y el tratamiento de enfermedades. Por otro lado, algunos indicadores de la Organización Mundial de la Salud reafirman el número de muertes anuales por enfermedades prevenibles, en muchos casos por falta de seguimiento en tiempo real para prevenir crisis que conduzcan a la muerte. Si analizamos todo este fenómeno, podemos inducir, de inmediato, que el diseño de soluciones con BD, Cloud Computing e IoT para la medicina, puede contribuir a una evolución acelerada de esta ciencia. Todo ello beneficiaría directamente el bienestar de los seres humanos, elevando así su esperanza y su calidad de vida.

Metodología

La investigación propuesta explorará la integración de tecnologías emergentes, como Big Data y Fog Computing, en el contexto del sistema de salud. La metodología se estructura de manera rigurosa para garantizar la recopilación de datos precisa, el análisis exhaustivo y la evaluación de los impactos potenciales en la eficiencia y calidad del sistema de salud.

Revisión bibliográfica: exhaustiva de la literatura para comprender las tendencias, desafíos y oportunidades en la convergencia de Big Data y Fog Computing en el ámbito de la salud.

Diseño del Estudio: Establecimiento de un marco conceptual que integre los conceptos clave de Big Data y Fog Computing en

el contexto de la salud. Selección de casos de estudio representativos que permitan analizar la aplicabilidad y eficacia de estas tecnologías en entornos de atención médica.

Recopilación de Datos: permitió identificar fuentes de datos relevantes, registros médicos electrónicos, sensores médicos y datos de dispositivos IoT.

Implementación de Tecnologías: se desarrolló un entorno experimental que integre soluciones de Big Data y Fog Computing. Configuración de sistemas de gestión de datos distribuidos, plataformas de análisis de Big Data y nodos de Fog Computing .

Análisis de Datos: Aplicación de técnicas de análisis de datos para extraer patrones, tendencias y correlaciones significativas en los conjuntos de datos recopilados.

Esta metodología proporciona una guía estructurada que facilita llevar a cabo la investigación sobre la aplicación de Big Data y Fog Computing en el sistema de salud.

Resultados

Big Data para datos de salud

La medicina tiene una larga tradición de gestionarse con herramientas informáticas. Esto se debe, en primer lugar, a la criticidad de las decisiones que se deben tomar, pero en la salud se trata de decidir si una persona sigue viva o no. Por lo tanto, siempre ha existido una cultura en todos los niveles de salud de documentar todo el proceso y archivarlo.

Son varios los datos que han sido almacenados a lo largo de los años en los sistemas informáticos de gestión médica de cada institución de salud (Alaseel & Debnath, 2018). Existen varios estándares internacionales que intentan homogeneizar los datos generados por estos sistemas. Sin embargo, los investigadores enfrentan muchas limitaciones cuando se trata de convertir estos datos en información. A pesar de los

esfuerzos internacionales, existen muchas islas de información en este campo, arquitecturas incompatibles, poca interoperabilidad, nomencladores no estandarizados, falta de regulaciones legales que soportan estos procesos. Independientemente de las limitaciones y problemas a resolver para lograr mejores resultados en el campo del análisis de datos médicos, se puede decir que la contribución del BD a la Salud es significativa y promete resultados sorprendentes en el futuro.

Las enfermedades pulmonares, la insuficiencia cardíaca, el cáncer, la presión arterial y la glucosa, todas consideradas crónicas, representan el 63 % de las muertes en todo el mundo. Se especula que es imposible reducir esta cifra desde

los entornos clínicos y hospitalarios tradicionales. Si se analizan estas enfermedades, la mayoría de ellas cuentan con indicadores o variables médicas que pueden alertar de una posible crisis.

El seguimiento oportuno de estos indicadores casi nunca conduce a la eliminación de la enfermedad, pero sí contribuye a mejorar la calidad de vida y a posponer crisis que a veces tienen un desenlace desagradable. Anteriormente se han comentado varias aportaciones e investigaciones que se han desarrollado para analizar grandes volúmenes de datos, convertirlos en información y predecir el comportamiento futuro de un paciente ante una enfermedad.

Con el ya conocido IoT, las oportunidades de mejorar la calidad de vida de las personas derivadas del desarrollo de la salud son significativas. El seguimiento en tiempo real de diferentes variables médicas (Cheol Jeong et al., 2018), permitirá tener una visión integral del estado de salud de una persona minuto a minuto. Todo ello genera grandes volúmenes de datos, que si los integramos con las técnicas de análisis de datos comentadas en el apartado anterior adquiere un valor extraordinario.

La asistencia sanitaria como área de aplicación es responsable de proporcionar todos los problemas prácticos e identificar enfermedades. Cada enfermedad tiene sus particularidades, conocer los síntomas, modos de acción, así como variables que influyen para determinar un diagnóstico según sus umbrales, es responsabilidad de esta área. El IoT es una tecnología sin precedentes; tiene muchas características que pueden mejorar la vida de las personas, especialmente en el área de la salud. Tiene la tarea de capturar automáticamente los datos primarios con diferentes sensores y luego transmitirlos utilizando dispositivos de comunicación integrados a través de una variedad de soluciones de comunicación, como Bluetooth, WiFi, ZigBee y GSM. De acuerdo a la enfermedad de que se trate, serán los requerimientos de información necesarios, se debe hacer un análisis profundo para determinar si es posible con los dispositivos que existen capturar las señales necesarias para el monitoreo.

La salud como área de conocimiento requiere de toda la prioridad y tiempo necesarios para lograr resultados más efectivos. Cada día mueren más personas por enfermedades predecibles debido a la falta de un seguimiento estricto de los síntomas. En muchos casos se convive inconscientemente con una enfermedad que una vez descubierta ya es demasiado tarde para su solución. Muchos países dedican una parte importante de sus presupuestos a la salud, pero no en todos los casos tienen el impacto esperado. A medida que se construyen más hospitales, más personas recurren a ellos y no son pocos los lugares abarrotados de personas que buscan atención médica. La proporción de personal médico por habitante tiende a crecer.

La ciencia y la tecnología deben servir y utilizarse al servicio de la sociedad. Hay cinco elementos que orquestados de forma exitosa y aportando lo mejor de cada uno, pueden dar soluciones robustas e integrales con carácter innovador: Healthcare, BD, Cloud Computing, Fog Computing e IoT.

El IoT es una tecnología sin precedentes; tiene muchas características que pueden mejorar la vida de las personas, especialmente en el área de la salud. Tiene la tarea de capturar automáticamente los datos primarios con diferentes sensores y luego transmitirlos utilizando dispositivos de comunicación integrados a través de una variedad de soluciones de comunicación, como Bluetooth, WiFi, ZigBee y GSM. Fog Computing proporciona servicios de computación, almacenamiento y red, su ubicación física entre dispositivos finales y centros de datos en la nube proporciona ventajas significativas. Funcionará como una especie de filtro para seleccionar qué información se envía a la nube. Cloud Computing es la forma de acceder a una granja de servidores que se pueden encontrar físicamente en cualquier lugar de Internet, para almacenar y administrar datos en lugar de hacerlo localmente. En otras palabras, es un modo de computación para servicio para responder a aplicaciones que lo requieran (Manogaran et al., 2018).

La integración de estas tecnologías es un desafío, no sólo en el orden tecnológico sino desde el punto de vista conceptual y médico. Existen varios protocolos y procedimientos médicos que se deben cumplir en este tipo de soluciones. El aporte que este tipo de soluciones pueden hacer a la salud es incalculable, esta puede ser una de las formas de mejorar la calidad de vida de los seres humanos. Estas soluciones no solo deben diseñarse pensando en personas enfermas, pues con un seguimiento oportuno podemos predecir la ocurrencia en personas sanas o aparentemente sanas.

Conclusiones

La realización de este trabajo permitió arribar a las conclusiones siguientes:

El Big Data ha impactado a todos los sectores de la sociedad, varios ejemplos lo confirman. Este trabajo se centra en las aportaciones que el BD, las técnicas de IA y la Minería de Datos están haciendo a la Salud,

así como sus retos de futuro. Con la aparición del IoT se ha visto la oportunidad de revolucionar la forma en que capturamos los datos primarios de los pacientes.

A continuación se exponen varias soluciones, que basadas en Cloud Computing han permitido diseñar soluciones de BD e IoT para la Salud. Se han analizado las principales deficiencias de este tipo de sistemas y una posible solución con la aplicación del Fog Computing como complemento al Cloud Computing. La bibliografía consultada de manera general muestra la tendencia hacia el uso de todas estas tecnologías para lograr un mayor impacto de la gestión sanitaria en la calidad de vida de las personas. Finalmente, repasa la importancia de las herramientas de código abierto para hacer realidad estas soluciones y propone algunas de las más prestigiosas para ejecutar cada paso del BD. Este trabajo permitirá a los investigadores del área tener un conocimiento de las tendencias actuales para el desarrollo de soluciones tecnológicas para la Salud.

Bibliografía

- Ahn, D. J., Jeong, J., & Lee, S. (2018). A novel cloud-based fog computing network architecture for smart factory big data applications. 2018 South-Eastern European Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Society Media Conference (SEEDA_CEC-NSM),
- Akoka, J., Comyn-Wattiau, I., & Laoufi, N. (2017). Research on Big Data—A systematic mapping study. *Computer Standards & Interfaces*, 54, 105-115.
- Al-Rahamneh, A., Astrain, J. J., Villadangos, J., Klaina, H., Guembe, I. P., Lopez-Iturri, P., & Falcone, F. (2022). Bi2Bi Communication: Toward Encouragement of Sustainable Smart Mobility. *IEEE Access*, 10, 9380-9394. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9686724/>
- Alaseel, Z., & Debnath, D. (2018). Vital signs monitoring system in cloud environment. 2018 IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT),
- Alonso-Almeida, M. d. M., Rodríguez García, M. d. P., Cortez Alejandro, K. A., & Abreu Quintero, J. L. (2012). La responsabilidad social corporativa y el desempeño financiero: un análisis en empresas mexicanas que cotizan en la bolsa. *Contaduría y administración*, 57(1), 53-77. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-10422012000100004&script=sci_art-text
- Bansal, V., Poddar, A., & Ghosh-Roy, R. (2019). Identifying a medical department based on unstructured data: A big data application in healthcare. *Information*, 10(1), 25.
- Celesti, A., Fazio, M., Romano, A., Bramanti, A., Bramanti, P., & Villari, M. (2017). An oasis-based hospital information system on the cloud: Analysis of a nosql column-oriented approach. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(3), 912-918. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7875499/>
- Cornelio, O. M., Ching, I. S., Fonseca, B. B., & Díaz, P. M. P. (2016). Herramienta para la simulación de sistemas dinámicos integrado al sistema de laboratorios virtuales ya distancia. *Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online*,
- Cornelio, O. M., & Fonseca, B. B. (2016). Procedimiento multicriterio multiexperto para determinar el índice de control de una organización. *Scientia et Technica*, 21(3), 234-238.
- Chen, M., Yang, J., Hu, L., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2018). Urban healthcare big data system based on crowdsourced and cloud-based air quality indicators. *IEEE Communications Magazine*, 56(11), 14-20. <https://arxiv.org/pdf/1810.10723>
- Cheol Jeong, I., Bychkov, D., & Searson, P. C. (2018). Wearable devices for precision medicine and health state monitoring. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 66(5), 1242-1258. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8470151/>
- El Houari, M., Rhanoui, M., & El Asri, B. (2017). Hybrid big data warehouse for on-demand decision needs. 2017 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT),
- Finkelstein, J., Zhang, F., Levitin, S. A., & Cappelli, D. (2020). Using big data to promote precision oral health in the context of a learning health-care system. *Journal of public health dentistry*, 80, S43-S58. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jphd.12354>

- González, E. R., Cornelio, O. M., García, A. L. G., & Fonseca, B. B. (2023). Herramientas computacionales para el apoyo al diagnóstico de pacientes con Parkinson: una revisión sistemática. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 17(3).
- González, J. L. G., & Mar Cornelio, O. (2013). Propuesta de algoritmo de clasificación genética. *Revista Cubana de Ingeniería*, 4(2), 37-42.
- Koppad, S. H., & Kumar, A. (2016). Application of big data analytics in healthcare system to predict COPD. 2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (IC-CPCT),
- L'heureux, A., Grolinger, K., Elyamany, H. F., & Capretz, M. A. (2017). Machine learning with big data: Challenges and approaches. *IEEE Access*, 5, 7776-7797. <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/6287639/6514899/07906512.pdf>
- Ma, X., Wang, Z., Zhou, S., Wen, H., & Zhang, Y. (2018). Intelligent healthcare systems assisted by data analytics and mobile computing. 2018 14th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWCMC),
- Mahmud, R., Koch, F. L., & Buyya, R. (2018). Cloud-fog interoperability in IoT-enabled healthcare solutions. Proceedings of the 19th international conference on distributed computing and networking,
- Manogaran, G., Varatharajan, R., Lopez, D., Kumar, P. M., Sundarasekar, R., & Thota, C. (2018). A new architecture of Internet of Things and big data ecosystem for secured smart healthcare monitoring and alerting system. *Future Generation Computer Systems*, 82, 375-387. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X17305149>
- Marin-Lamellet, C., & Haustein, S. (2015). Managing the safe mobility of older road users: How to cope with their diversity? *Journal of Transport & Health*, 2(1), 22-31.
- McKinlay, J. B., & Stoeckle, J. D. (2020). Corporatization and the social transformation of doctoring. *The Corporate Transformation of Health Care*, 133-149. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315227832-9/corporatization-social-transformation-doctoring-john-mc-kinlay-john-stoeckle>
- Patil, H. K., & Seshadri, R. (2014). Big data security and privacy issues in healthcare. 2014 IEEE international congress on big data,
- Rahman, F., & Slepian, M. J. (2016). Application of big-data in healthcare analytics—Prospects and challenges. 2016 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI),
- Reyes, L. B., Suárez, J. E., & Cornelio, O. M. (2023). Técnicas de Inteligencia artificial para el diagnóstico de pulsioximetría de apnea de sueño. *Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas*, 16(4), 1-10.
- Rizwan, A., Zoha, A., Zhang, R., Ahmad, W., Arshad, K., Ali, N. A., Alomainy, A., Imran, M. A., & Abbasi, Q. H. (2018). A review on the role of nano-communication in future healthcare systems: A big data analytics perspective. *IEEE Access*, 6, 41903-41920. <https://ieeexplore.ieee.org/iel7/6287639/6514899/08418698.pdf>
- Santos, L. A., Fonseca, B. B., & Hernández, K. D. (2023). Sistema para la gestión de información como de apoyo al diagnóstico médico basado en mapa cognitivo difuso. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(2), 145-158.
- Sarabia-Jacome, D., Belsa, A., Palau, C. E., & Esteve, M. (2018). Exploiting IoT data and smart city services for chronic obstructive pulmonary diseases risk factors monitoring. 2018 IEEE International Conference on Cloud Engineering (IC2E),
- Shaikh, T. A., & Ali, R. (2020). Computer-aided big healthcare data (BHD) analytics. In *Big Data Analytics and Intelligence: A Perspective for Health Care* (pp. 115-138). Emerald Publishing Limited.
- Singh, R. K., Agrawal, S., Sahu, A., & Kazancoglu, Y. (2023). Strategic issues of big data analytics applications for managing health-care sector: a systematic literature review and future research agenda. *The TQM Journal*, 35(1), 262-291. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/TQM-02-2021-0051/full/html>
- Siow, E., Tiropanis, T., & Hall, W. (2018). Analytics for the internet of things: A survey. *ACM computing surveys (CSUR)*, 51(4), 1-36. <https://arxiv.org/pdf/1807.00971>
- Sood, S. K., Sandhu, R., Singla, K., & Chang, V. (2018). IoT, big data and HPC based smart flood management framework. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 20, 102-117.
- Thakur, S., & Jha, S. K. (2023). Cloud Computing and its Emerging Trends on Big Data Analytics. 2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC),

Uprety, A., & Rawat, D. B. (2020). Reinforcement learning for iot security: A comprehensive survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(11), 8693-8706. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9272624/>

Yalini, M., & Sridevi, S. (2018). An Approach for Storing and Retrieving Health Informatics Big Data. 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT),

Cómo citar: Guerra González, S., & Álvarez Figueredo, D. D. (2023). Big Data y Fog Computing aplicados al sistema de la salud. *Journal TechInnovation*, 2(2), 106–116. Recuperado a partir de <https://revistas.unesum.edu.ec/JTI/index.php/JTI/article/view/58>