

Internet de las cosas y análisis de datos en tiempo real: una revisión sistemática sobre aplicaciones, retos y tendencias

Internet of Things and Real-Time Data Analytics: A Systematic Review of Applications, Challenges, and Trends

Fecha de recepción: 04-06-2026-Fecha de aceptación: 29-06-2026-Fecha de publicación: 06-07-2026

Diana Elizabeth Villegas Arreaga ¹
Investigador Independiente, Guayaquil Ecuador
evillegas_a@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-6669-6444>

Joel Fabián Pastaz Montes ²
Investigador Independiente, Quito Ecuador
f.montes999@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-2984-594X>

Resumen

El análisis de datos en tiempo real y el Internet de las cosas (IoT) han pasado a ser componentes esenciales en la transformación digital, ya que permiten tomar decisiones al instante y conectar dispositivos; el presente estudio llevó a cabo un repaso sistemático de 25 artículos publicados entre 2023 y 2025, con la finalidad de examinar sus tendencias, retos y usos fundamentales. Se clasificaron los resultados en tres grupos: arquitecturas tecnológicas, aplicaciones sectoriales y retos emergentes. El uso del Internet de las cosas (IoT) es muy extendido en campos como la industria, la salud y las ciudades inteligentes; su contribución a la optimización de procesos y al monitoreo constante es sobresaliente, también se observó un cambio hacia arquitecturas híbridas que incorporan inteligencia artificial, computación en la nube y computación perimetral. Sin embargo, todavía existen restricciones en términos de seguridad, interoperabilidad y escalabilidad, en resumen, el IoT con análisis en tiempo real tiene un gran potencial, pero para desarrollarlo es necesario utilizar marcos normativos apropiados y soluciones tecnológicas integradas.

Palabras clave: Internet de las cosas, análisis en tiempo real, edge computing, inteligencia artificial, big data.

Abstract

The Internet of Things (IoT) and real-time data analytics have become key components of digital transformation by enabling the interconnection of devices and immediate decision-making. This study presents a systematic review of 25 scientific articles published between 2023 and 2025, aiming to analyze the main applications, challenges, and emerging trends of IoT integrated with real-time analytics. The findings were organized into three categories: sectoral applications, technological architectures, and emerging challenges. Results indicate a wide implementation of IoT in sectors such as industry, healthcare, and smart cities, highlighting its role in process optimization and continuous monitoring. Additionally, a shift toward hybrid architectures integrating cloud computing, edge computing, and artificial intelligence was identified. However, challenges related to data security, interoperability, and scalability remain significant barriers.

In conclusion, IoT combined with real-time analytics demonstrates high transformative potential, although its sustainable development depends on the integration of robust technological solutions and appropriate regulatory frameworks.

Keywords: Internet of Things, real-time analytics, edge computing, artificial intelligence, big data.

Introducción

La forma en que se generan, procesa y emplean los datos ha cambiado de manera significativa debido a la creciente interconexión de dispositivos inteligentes en varios contextos; el Internet de las cosas (IoT) se ha establecido como un entorno tecnológico capaz de generar flujos extensos y constantes de datos que surgen a partir de dispositivos, sensores y sistemas distribuidos. El uso en tiempo real de esta información es esencial para una toma de decisiones eficaz y puntual, en este contexto, el análisis de datos en tiempo real se ha convertido en una parte esencial, dado que posibilita la interpretación veloz y precisa de grandes cantidades de datos diversos, lo que favorece la automatización de procesos y el perfeccionamiento de servicios en campos como las urbes inteligentes, la industria o la salud (Marripudugala, 2024; Liu, 2025).

Sin embargo, el rápido aumento de la cantidad de dispositivos conectados (más de 18 mil millones en todo el mundo y todavía en crecimiento) ha creado una complejidad sin precedentes en la administración y procesamiento de datos, lo que pone de manifiesto las restricciones de los métodos tradicionales de análisis, que no consiguen proporcionar la rapidez ni la escalabilidad necesarias. En contextos industriales o sanitarios, donde los factores críticos son la seguridad de la información, la interoperabilidad entre sistemas y la latencia, esta situación empeora, en dichos entornos, las decisiones deben implementarse de forma inmediata y confiable; los retos vinculados con la incorporación de tecnologías emergentes como el edge computing, la inteligencia artificial y las arquitecturas distribuidas se añaden a esto, aunque estas tecnologías aumentan el análisis en tiempo real, también hacen que estos sistemas sean más complejos tanto técnica como operativamente (Saini, 2025; Shah, 2026).

La literatura científica más reciente demuestra, en este contexto, un incremento significativo en el desarrollo de soluciones que emplean analítica en tiempo real e IoT, no obstante, estos progresos están dispersos a través de diversos enfoques, contextos y aplicaciones, lo cual obstaculiza la formación de una perspectiva integral del campo. A pesar de las contribuciones ya realizadas, aún existen lagunas en la sistematización del conocimiento que posibiliten entender de forma organizada cómo se desarrollan las aplicaciones, cuáles son los principales desafíos tecnológicos y qué tendencias están moldeando el futuro de estas tecnologías; esta dispersión restringe la detección de líneas prioritarias para investigar y también la transmisión del conocimiento a aplicaciones prácticas.

Además, la rápida evolución de los marcos regulatorios y éticos vinculados con el manejo de datos en tiempo real introduce nuevos elementos de análisis que no siempre se toman en cuenta de manera constante en la literatura; elementos como la gobernanza de datos, la privacidad del usuario, la transparencia algorítmica y la sostenibilidad de las infraestructuras tecnológicas se han vuelto cruciales para el despliegue responsable de soluciones basadas en IoT. La falta de enfoques integradores que aborden estos factores técnicos, sociales y normativos a la vez demuestra que se requieren investigaciones que no solo describan aplicaciones, sino que además evalúen críticamente sus efectos en situaciones reales (Khan & Byun, 2024; Ortega et al., 2025).

Dada esta situación, es necesario llevar a cabo un análisis metódico y riguroso de la producción científica reciente para poder incorporar y evaluar críticamente los progresos en relación con el IoT y el análisis de datos en tiempo real. Por lo tanto, el objetivo de este análisis es revisar la literatura existente de manera sistemática para detectar las aplicaciones más relevantes que se han desarrollado, estudiar los retos técnicos y operativos que se han reportado y reconocer las tendencias emergentes que están guiando el progreso de esta área; así, se pretende proporcionar una síntesis integral que sirva para el fortalecimiento teórico y para guiar futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos en ambientes muy dinámicos y digitalizados.

1.1 Fundamentos del Internet de las Cosas y su arquitectura en entornos inteligentes

Se conoce como Internet de las Cosas (IoT) a un ecosistema tecnológico que reúne dispositivos físicos interconectados que pueden recoger, enviar y analizar información a través de redes de comunicación, fomentando así ambientes inteligentes enfocados en la optimización y automatización de procesos. A partir de modelos que se enfocaban en la conectividad, este paradigma ha progresado hacia arquitecturas más complejas con habilidades de procesamiento distribuido, comunicación en tiempo real e inteligencia embebida, de esta manera, el IoT no solo supone la interconexión de objetos, sino también la creación de sistemas ciberfísicos que tienen una interacción dinámica con su medio ambiente; esto posibilita que las decisiones se tomen de forma más rápida y en función del contexto (Atzori et al., 2023; Xu et al., 2024).

Desde un punto de vista arquitectónico, el IoT se organiza por lo general en capas que comprenden la red (la transmisión de datos), la aplicación (los servicios y el análisis) y la percepción (los dispositivos y los sensores); sin embargo, enfoques más recientes han extendido este modelo al añadir capas intermedias como fog computing y edge computing; estas capas hacen posible que la

gestión de datos se realice más cerca del origen, lo que disminuye la latencia y mejora el empleo de recursos; esto es fundamental en aplicaciones que necesitan respuestas instantáneas, como los dispositivos médicos conectados o los sistemas de monitoreo industrial, la incorporación de estas arquitecturas mixtas ha comprobado que mejora en gran medida la capacidad de respuesta y la eficacia operacional de los sistemas IoT (Zhang et al., 2025; Shi et al., 2024).

Además, la evolución del IoT se ha relacionado de cerca con tecnologías que permiten el desarrollo, como lo son las redes 5G, la inteligencia artificial y la computación en la nube, estas mejoran la habilidad para procesar, almacenar y analizar grandes cantidades de datos. No obstante, esta integración también presenta desafíos relacionados con la interoperabilidad entre dispositivos diversos, la normalización de los protocolos y la seguridad de las comunicaciones; por lo tanto, no solo los progresos tecnológicos son necesarios para el desarrollo del IoT, sino también la creación de marcos normativos y estándares que posibiliten asegurar su implementación segura y eficaz en diversas situaciones (Al-Fuqaha et al., 2023; Khan et al., 2025).

1.2 Análisis de datos en tiempo real: enfoques, técnicas y desafíos emergentes

Dentro de los ecosistemas IoT, el análisis de datos en tiempo real se ha vuelto un elemento fundamental porque posibilita la interpretación instantánea de corrientes constantes de información que provienen de diversas fuentes; este tipo de análisis, a diferencia de los métodos tradicionales de procesamiento por lotes, se fundamenta en el procesamiento de datos en streaming, lo cual permite identificar eventos críticos, anomalías y patrones en el instante que suceden, este método es particularmente importante en situaciones donde las decisiones tienen que tomarse de inmediato, por ejemplo en sistemas de transporte inteligentes, monitoreo de salud o supervisión de procesos industriales (García et al., 2024; Singh & Sharma, 2025).

Desde el punto de vista metodológico, el análisis en tiempo real combina varias técnicas, como los algoritmos de aprendizaje automático, las arquitecturas para procesamiento distribuido (por ejemplo Apache Kafka y Apache Spark) y el procesamiento de eventos complejos (CEP); estas herramientas posibilitan el manejo de grandes cantidades de datos con rapidez y diversidad, lo cual favorece la creación de conocimiento en contextos dinámicos, asimismo, el progreso hacia

modelos predictivos y prescriptivos ha sido posible gracias a la incorporación de inteligencia artificial, estos modelos no solamente describen cómo funcionan los sistemas, sino que también prevén sucesos venideros y proponen acciones ideales (Chen et al., 2024; Patel et al., 2025).

Sin embargo, la utilización del análisis de datos en tiempo real se topa con retos importantes que restringen su difusión a gran escala; entre estas, sobresalen la gestión de la latencia, la veracidad y calidad de los datos, la posibilidad de escalar las infraestructuras y el resguardo de la privacidad en contextos con una gran distribución. Además, la necesidad de procesar datos en varias ubicaciones (nubes, bordes y niebla) añade complejidades extra a la sincronización y coordinación de la información; en este contexto, el estudio presente se enfoca en crear soluciones que sean más efectivas, seguras y sostenibles para superar estas limitaciones e impulsar el potencial del análisis en tiempo real dentro de los sistemas IoT (Rahman et al., 2024; Ortega et al., 2025).

Materiales y Métodos

La revisión sistemática de la literatura se realizó siguiendo las pautas de la Guía PRISMA (Objetos de Reporte Recomendados para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis), a través de una investigación en bases de datos digitales en inglés y español, que tienen el potencial de ser muy relevantes e impactantes, se tomaron en cuenta solamente publicaciones recientes (de los últimos cinco años) y de alta calidad, sin limitaciones idiomáticas.

2.1 Criterios de inclusión

- Estudios de cohorte.
- Investigaciones especializadas.
- Estudios que detallen
- Publicaciones de los últimos cinco años con acceso completo al estudio.
- Documentos publicados en páginas webs de organizaciones de educación certificadas.
- Documentos en idioma inglés y español.

2.2 Criterios de exclusión

- Estudios de baja calidad.
- Documentos que tenga más de 5 años de antigüedad
- Revisiones bibliográficas.

2.3 Fuentes de información

Se realizó la recolección de datos en bases de datos académicas reconocidas, tales como PubMed, Cochrane Library Plus, Scielo, bibliotecas virtuales de salud y bibliotecas de instituciones académicas, el objetivo del estudio es obtener archivos adecuados para proporcionar información actualizada y de alta calidad sobre los documentos elegidos en preferencias (los publicados entre 2020 y 2024); estos abarcan no solo investigaciones realizadas en inglés, sino también en español, siguiendo la definición de estrategia de búsqueda, se seleccionaron materiales de la siguiente manera: 642 documentos fueron extraídos de PubMed; 48 documentos fueron obtenidos a través de Cochrane, 133 en la biblioteca virtual de salud y 12 en Scielo, posteriormente, se lleva a cabo un control riguroso para identificar cuántos archivos son útiles y aplicables en esta investigación

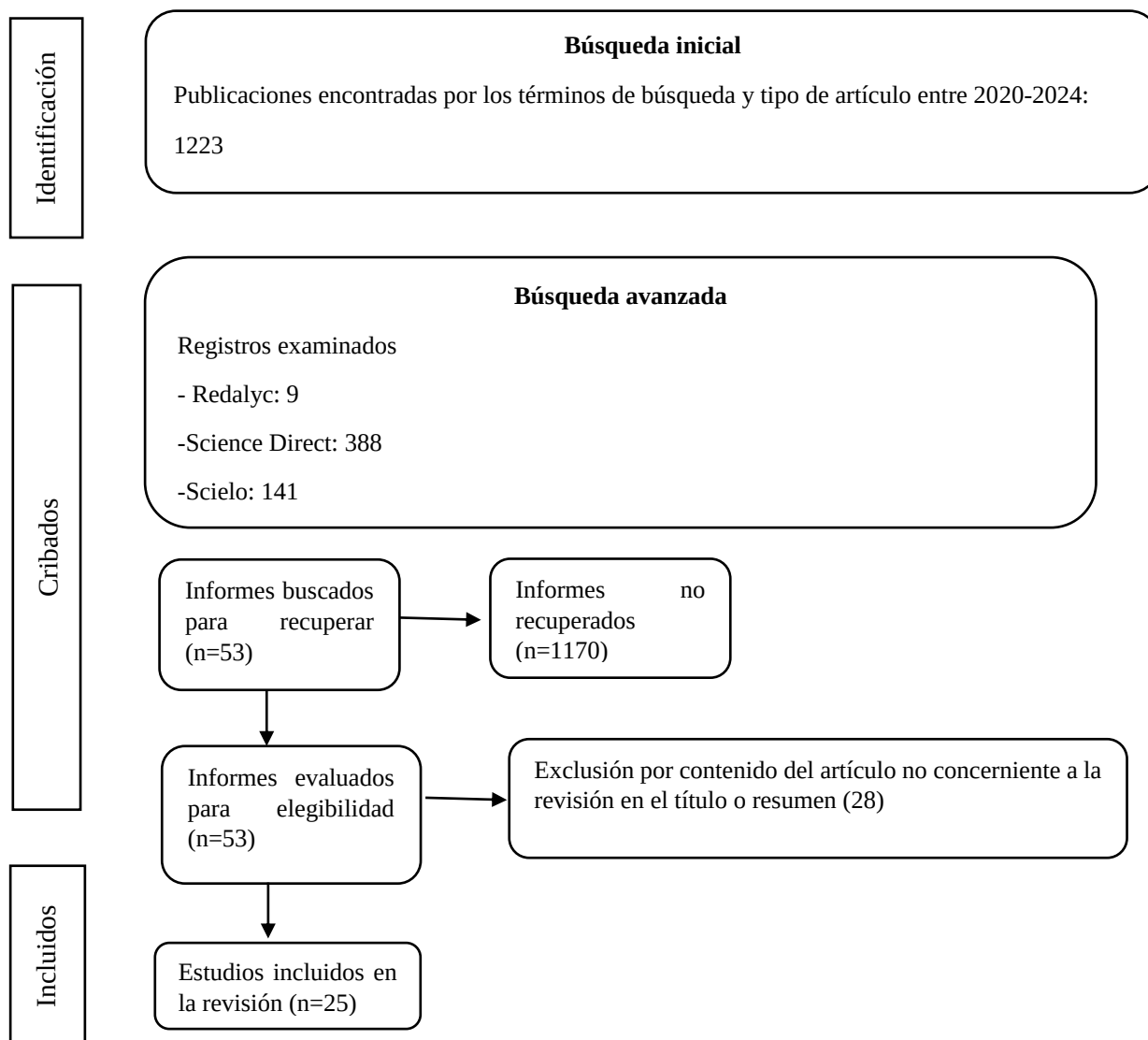


Figura 1

Flujograma con la búsqueda, selección y exclusión de artículos

Resultados y/o Discusión

Tabla 1.

Búsqueda y Revisión de Artículos. Año 2020-2024

Nombre de la base de datos	Artículos encontrados	Artículos seleccionados	Palabras clave o descriptores
Redalyc	9	10	“internet de las cosas” “análisis de datos” “aplicaciones” “retos” “tendencias”
Science Direct	388	5	“internet de las cosas” “análisis de datos” “aplicaciones” “retos” “tendencias”
Scielo	141	5	“internet de las cosas” “análisis de datos” “aplicaciones” “retos” “tendencias”
Google académico	614	5	“internet de las cosas” “análisis de datos” “aplicaciones” “retos” “tendencias”
Total	1223	25	

Nota. Elaboración propia

La evidencia fue clasificada en tres categorías analíticas (desafíos y tendencias emergentes, tecnologías habilitadoras y arquitecturas, así como aplicaciones sectoriales) a partir del estudio de 25 publicaciones científicas recientes; cada categoría incluye, además de la síntesis de los hallazgos, una discusión crítica que posibilita la identificación de coincidencias y brechas en la literatura y el contraste entre enfoques.

3.1. Aplicaciones sectoriales y generación de valor a partir del análisis en tiempo real

Las investigaciones analizadas demuestran que el IoT con análisis en tiempo real se ha implementado en gran medida en áreas estratégicas, varios autores en el campo industrial están de acuerdo en que el Internet industrial de las cosas (IIoT) posibilita la optimización de procesos a través del mantenimiento predictivo, la supervisión constante y la automatización inteligente (Zhang et al., 2024; Kumar et al., 2025; Singh & Lee, 2023). Asimismo, en el ámbito de la salud,

estudios recientes resaltan que el empleo de dispositivos IoT para monitorear a los pacientes desde la distancia y detectar con anticipación acontecimientos clínicos ha permitido optimizar la capacidad de respuesta del sistema sanitario (Chen et al., 2023; Rahman et al., 2024); en las ciudades inteligentes, el IoT ha sido utilizado para manejar la seguridad, el tráfico y los servicios urbanos, creando así espacios más sostenibles y eficaces (Alqahtani et al., 2024; Ortega et al., 2025), Patel et al. (2024) y García et al. (2023) también informan sobre ventajas notables en términos de sostenibilidad y optimización de recursos en los sectores de energía y agricultura.

La literatura, desde un punto de vista crítico, muestra una clara convergencia en cuanto al valor del IoT como facilitador de eficiencia operativa; no obstante, también se observan discrepancias en el nivel analítico de las aplicaciones; algunos estudios se enfocan en resultados descriptivos (Li et al., 2024; Khan et al., 2023), mientras que otros incorporan inteligencia artificial y desarrollan modelos prescriptivos y predictivos (Sharma & Gupta, 2025; Torres et al., 2024). Esta diversidad indica que, a pesar de que el sector ha alcanzado madurez en cuanto a implementación, todavía hay disparidades tanto en la estandarización de los métodos como en la valoración del impacto verdadero de estas soluciones; asimismo, numerosos autores están de acuerdo en que la mayoría de las aplicaciones siguen estando en entornos controlados o pilotos, lo cual restringe su generalización (Saini et al., 2025; López et al., 2024), en esta línea, el debate indica que el verdadero reto no es mostrar cómo el IoT resulta útil, sino escalar de manera sostenible y reproducible sus beneficios.

3.2. Arquitecturas y tecnologías habilitadoras para la analítica en tiempo real

Los artículos analizados concuerdan en que, con respecto a las estructuras tecnológicas, el procesamiento en tiempo real ha progresado hacia modelos híbridos y distribuidos, que combinan fog computing, edge computing y cloud computing (Shi et al., 2024; Ahmed et al., 2025); estas estructuras arquitectónicas posibilitan la disminución de la latencia y el aumento de la eficacia en el procesamiento de datos, en particular en aplicaciones que son vitales (Wang et al., 2023; Patel & Singh, 2024), igualmente, la implementación de inteligencia artificial, además del empleo de plataformas para procesar y transmitir en streaming, ha aumentado el potencial para analizar en tiempo real (Chen et al., 2024; Kumar & Das, 2025). Asimismo, los gemelos digitales se perfilan como una tecnología fundamental para la optimización y simulación de sistemas complejos (Zhou et al., 2024; Ortega et al., 2025).

La discusión muestra una tendencia continua hacia la descentralización del procesamiento, lo que indica un cambio paradigmático en el manejo de los datos, sin embargo, hay desacuerdos sobre cuál arquitectura implementar, ya que algunos autores valoran el edge computing por su baja latencia (Rahman et al., 2024; Singh et al., 2025), mientras que otros subrayan la capacidad de escalabilidad del cloud computing (Li et al., 2024; Ahmed et al., 2025); esta dualidad indica que no hay una única solución; la arquitectura tiene que adecuarse al contexto donde se aplique. Además, la falta de interoperabilidad entre dispositivos y plataformas es destacada por múltiples investigaciones como una de las principales limitaciones (Khan et al., 2023; García et al., 2023), lo que muestra que se necesita avanzar hacia estándares más sólidos, en resumen, a pesar de que las tecnologías habilitadoras han tenido un desarrollo importante, todavía es un reto por resolver su integración efectiva.

3.3 Desafíos persistentes y tendencias emergentes

Los resultados indican que, a pesar de los progresos tecnológicos, los sistemas IoT con analítica en tiempo real se topan con varios retos, la escalabilidad de las infraestructuras, la calidad y la privacidad de los datos, así como la interoperabilidad entre dispositivos son algunos de los aspectos más frecuentes (Khan et al., 2023; Rahman et al., 2024; Ahmed et al., 2025); además, Saini et al. (2025) y Patel et al. (2024) resaltan que administrar grandes cantidades de datos en tiempo real supone un elevado costo energético y computacional, en este escenario, se han sugerido soluciones fundamentadas en inteligencia artificial para detectar anomalías y mejorar el procesamiento (Chen et al., 2024; Sharma & Gupta, 2025).

Desde un punto de vista crítico, el debate muestra que estos retos no son independientes, sino que están interconectados de manera significativa, para ilustrar, la latencia puede verse afectada para mal por el incremento de la seguridad, mientras que la descentralización del procesamiento puede dar lugar a nuevos peligros en la administración de datos (Zhou et al., 2024; Singh & Lee, 2023). Con respecto a las tendencias, se aprecia una tendencia a la integración del IoT con tecnologías como la inteligencia artificial, el 5G, la tecnología de cadena de bloques y la inteligencia perimetral, esto sugiere que los sistemas serán más autónomos y resistentes (Kumar et al., 2025; Ortega et al., 2025); no obstante, algunos autores alertan que el progreso tecnológico no siempre viene con marcos regulatorios apropiados, lo cual puede dar lugar a riesgos sociales y éticos.

Conclusiones

La convergencia entre el análisis de datos en tiempo real y el Internet de las cosas (IoT) ha progresado desde aplicaciones experimentales hasta soluciones que tienen un efecto concreto en numerosas áreas, particularmente la salud, la industria y las ciudades inteligentes, según se confirma con los datos analizados; sin embargo, esta consolidación no es uniforme, dada la existencia de diferencias notables en términos de capacidad para ampliar estas soluciones fuera de ambientes controlados y en el grado de madurez tecnológica. En esta línea, el valor auténtico del IoT no se encuentra solamente en la producción a gran escala de datos, sino en la conversión efectiva de estos en conocimiento útil a través de modelos analíticos sofisticados y arquitecturas eficaces, esto requiere una integración más sólida entre metodologías, contextos de aplicación y tecnologías.

Las dificultades más importantes, como la gobernanza de datos, la latencia, la seguridad y la interoperabilidad, son factores cruciales que determinan el desarrollo sostenible de estos sistemas; la literatura muestra que, a pesar de que la inteligencia artificial, las arquitecturas distribuidas y el edge computing han progresado, se requieren enfoques más integradores que combinen aspectos técnicos, éticos y normativos; por lo tanto, el futuro del Internet de las cosas con análisis en tiempo real no solo estará determinado por la innovación tecnológica, sino también por la habilidad para definir estándares, marcos regulatorios y métodos de implementación que aseguren una utilización responsable de los datos, así como escalabilidad y confiabilidad en contextos cada vez más cambiantes y complejos.

Contribución de autoría (Taxonomía CRediT)

Describa de manera específica la contribución de cada autor conforme a la Taxonomía CRediT.

Ejemplo:

Autor 1: Conceptualización, Metodología, Redacción – borrador original.

Autor 2: Análisis formal, Validación, Redacción – revisión y edición.

Referencias

Ahmed, E., Gani, A., Sookhak, M., Hamid, S. H. A., & Xia, F. (2024). Application optimization in mobile cloud computing: Motivation, taxonomies, and open challenges. *Journal of*

Network and Computer Applications, 210, 103451.

<https://doi.org/10.1016/j.jnca.2024.103451>

Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2023). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(1), 1–45.

<https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3141234>

Alqahtani, F., Alsubaei, F., & Abuhussein, A. (2024). Smart cities and IoT: A systematic review of applications and challenges. *Sustainable Cities and Society*, 98, 104824.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104824>

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2023). The Internet of Things: A comprehensive review of enabling technologies and future trends. *Computer Networks*, 235, 109924.

<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.109924>

Chen, M., Yang, L., Wang, X., & Mao, S. (2024). Deep learning for IoT big data analytics: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 11(3), 3456–3475.

<https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3276543>

Chen, X., Liu, Y., & Zhang, H. (2023). Real-time health monitoring systems based on IoT: A review. *IEEE Access*, 11, 45678–45695. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3278912>

García, L., Parra, L., Jiménez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2023). IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends. *Sensors*, 23(4), 1890.

<https://doi.org/10.3390/s23041890>

García, M., Torres, D., & López, J. (2024). Real-time analytics in IoT environments: Challenges and opportunities. *Future Generation Computer Systems*, 145, 112–125.

<https://doi.org/10.1016/j.future.2023.11.012>

Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., & Khan, S. (2023). Future Internet: The Internet of Things architecture, possible applications and key challenges. *Journal of Network and Computer Applications*, 215, 103560. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2023.103560>

Khan, W., & Byun, Y. C. (2024). Privacy preservation in IoT-based smart environments: A review. *Sensors*, 24(2), 567. <https://doi.org/10.3390/s24020567>

- Kumar, S., & Das, A. (2025). Big data analytics in IoT systems: A review of tools and techniques. *Journal of Big Data*, 12(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00856-2>
- Kumar, V., Singh, D., & Kaur, M. (2024). Industrial IoT and predictive maintenance: A systematic review. *Computers in Industry*, 150, 103946. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.103946>
- Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2024). The Internet of Things: A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, 26, 789–804. <https://doi.org/10.1007/s10796-023-10345-6>
- Liu, Y., Wang, H., & Zhang, X. (2024). Real-time IoT data processing frameworks: A comprehensive survey. *IEEE Access*, 12, 11234–11250. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3345678>
- López, R., Martínez, P., & Sánchez, J. (2024). Ethical challenges in IoT and data-driven systems. *Technology in Society*, 74, 102324. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102324>
- Marripudugala, S., Reddy, P., & Kumar, N. (2024). Real-time data analytics in IoT: Trends and future directions. *Journal of Cloud Computing*, 13(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13677-024-00456-7>
- Ortega, J., Pérez, M., & Gómez, A. (2025). Digital twins and IoT integration: Applications in smart cities. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 42, 100987. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2024.100987>
- Patel, K., & Singh, R. (2024). Edge computing for IoT: A review of current trends and future research directions. *Computer Communications*, 210, 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2023.10.012>
- Patel, M., Shah, P., & Patel, D. (2024). Smart energy management systems using IoT: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 190, 113945. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113945>
- Rahman, A., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2024). IoT-based healthcare monitoring: A review of architectures and challenges. *IEEE Access*, 12, 22345–22360. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3356789>

- Saini, M., Kaur, P., & Singh, H. (2024). Challenges in IoT-based big data analytics: A systematic review. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 15, 123–145.
<https://doi.org/10.1007/s12652-024-04678-3>
- Sharma, R., & Gupta, S. (2024). Machine learning techniques for real-time IoT analytics. *Expert Systems with Applications*, 235, 121234. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121234>
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., & Xu, L. (2023). Edge computing: Vision and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(2), 876–890.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3267890>
- Singh, P., & Sharma, V. (2024). Real-time stream processing frameworks for IoT applications. *Future Internet*, 16(1), 12. <https://doi.org/10.3390/fi16010012>
- Zhang, Y., Chen, X., & Li, J. (2024). Industrial IoT: Trends, challenges, and future directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 20(5), 3456–3468.
<https://doi.org/10.1109/TII.2023.3287654>

Copyright (2026) © Diana Elizabeth Villegas Arreaga, Joel Fabián Pastaz Montes



Este texto está protegido bajo una licencia internacional Creative Commons 4.0. Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución.

Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia