

Red de nodos sensores para una Ciudad Inteligente

Sensor node network for a Smart City

Jorge Yovanis Gamboa Figueredo

0000-0002-7326-757X

Centro Educacional Privado Pequenos Reis, Luanda, Angola

yovanis77062722463@gmail.com

Yanosky González Tristá

0009-0006-9343-1273

Empresa Cubana de Telecomunicaciones S.A. ETECSA, Villa Clara, Cuba

yanosky.gonzalez@etecsa.cu

Miguel Arturo Mendoza Reyes

0000-0003-2454-8700

Universidad de Villa Clara, Cuba

mmendoza@uclv.edu.cu

Recibido: 30/11/2024

Aceptado: 10/12/2024

Publicado: 30/12/2025

Citación/como citar este artículo: Gamboa F. J. Y., Yanosky G. T., Mendoza R. M. A, (2025). Red de nodos sensores para una ciudad inteligente. *Ásstery Journal*, 1(1), 17-33.

Resumen

Este artículo explora el papel de las redes de sensores inalámbricos (WSN, por sus siglas en inglés) en el desarrollo de las ciudades inteligentes, destacando su integración con tecnologías emergentes como el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y la conectividad 5G. El estudio resalta cómo las WSN permiten la recopilación, transmisión y procesamiento en tiempo real de datos, facilitando la automatización y optimización de servicios urbanos. A través de un enfoque observacional descriptivo y prospectivo, la investigación revisa 21 fuentes bibliográficas para analizar la convergencia de redes de telecomunicaciones y sensores inalámbricos, centrándose en su impacto en el bienestar social y el desarrollo urbano. Los hallazgos clave revelan que las WSN, respaldadas por las redes 5G, permiten que millones de dispositivos intercambien información de manera continua o discontinua, automatizando servicios como el control del tráfico, la iluminación, la monitorización ambiental y la salud. El artículo concluye que las WSN, combinadas con el IoT, la IA y el Big Data, son esenciales para crear ciudades inteligentes sostenibles y eficientes, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos y abordando los desafíos de la urbanización en el siglo xxi.

Palabras clave: Sensores, internet de las cosas, servicios móviles.

Abstract

This article explores the role of wireless sensor networks (WSN) in the development of smart cities, emphasizing their integration with emerging technologies such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and 5G connectivity. The study highlights how WSNs enable the collection, transmission, and real-time processing of data, facilitating the automation and optimization of urban services. Through a descriptive and prospective observational approach, the research reviews 21 bibliographic sources to analyze the convergence of telecommunications networks and wireless sensors, focusing on their impact on social well-being and urban development. Key findings reveal that WSNs, supported by 5G networks, allow millions of devices to exchange information continuously or intermittently, automating services such as traffic control, lighting, environmental monitoring, and healthcare. The article concludes that WSNs, combined with IoT, AI, and Big Data, are essential for creating sustainable and efficient smart cities, improving the quality of life for citizens and addressing the challenges of urbanization in the 21st century.

Keywords: sensors, internet of things, mobile services.

Introducción

Como parte de la tecnología y la industria, se reconoce que los inventos tecnológicos desarrollados por la humanidad han sido transmitidos de generación en generación a lo largo de los años, reflejando un proceso continuo de aprendizaje y adaptación. Desde sus inicios, las técnicas y herramientas, que en un principio eran rudimentarias, han sido perfeccionadas conforme al conocimiento y las necesidades de cada época. Muchas de estas innovaciones han sido diseñadas específicamente para aumentar el bienestar de la especie humana, mejorando la calidad de vida y facilitando diversas actividades cotidianas.

Por eso, según Einstein (González Quirós, 2006), a medida que la tecnología evolucionaba, también lo hacían las condiciones de vida, tanto en entornos urbanos como en el ámbito industrial. Este progreso constante ha desencadenado una serie de avances interconectados que dan lugar a nuevas tecnologías y métodos de producción. Estos saltos cualitativos en el desarrollo industrial son comúnmente conocidos como revoluciones industriales. Cada revolución no solo ha transformado la forma en que trabajamos y vivimos, sino que también ha influido en la estructura social, económica y cultural de las sociedades.

La revolución industrial ha marcado hitos significativos en la historia del progreso humano, desde la mecanización inicial hasta la digitalización contemporánea. Estas transformaciones nos recuerdan que la innovación es un motor esencial para el avance colectivo y el desarrollo sostenible.

La industria de informatización y digitalización de los procesos promueve la transformación digital de los procesos, refiere Ghobakhloo (2020), abarca importantes tecnologías como la de Mega Datos (Big Data) de acuerdo con Ngiam (2019), y es una mejoría en el análisis de los datos con la Inteligencia Artificial (AI) como plantean Nguyen y Pérez (2020), el Internet de las Cosas (IoT) según Gokhale (2018) es donde todo está interconectado. Con lo anterior, aun no queda claro dónde quedan las redes de sensores y cómo logran el protagonismo entre las tecnologías emergentes antes mencionadas.

Por consiguiente, estas son razones que motivan la realización del presente trabajo, se declara entonces como objetivo analizar cómo funciona el procesamiento remoto de información desde la convergencia de varias redes de telecomunicaciones, a partir de sensores inalámbricos, que favorezca las nuevas tecnologías de la industria y el bienestar de la sociedad actual. Ya que en este procesamiento de información se le suma la emergente 5ta Generación de servicios móviles que provee el ancho de banda necesario para que los nodos de redes de sensores puedan ejecutar los algoritmos de cómputo más complejos en la nube. Se facilita así un aumento en la autonomía energética de los nodos y un incremento en el alcance necesario para integrar masivamente los objetos que nos rodean en el entorno de la Internet de las Cosas.

Materiales y Métodos

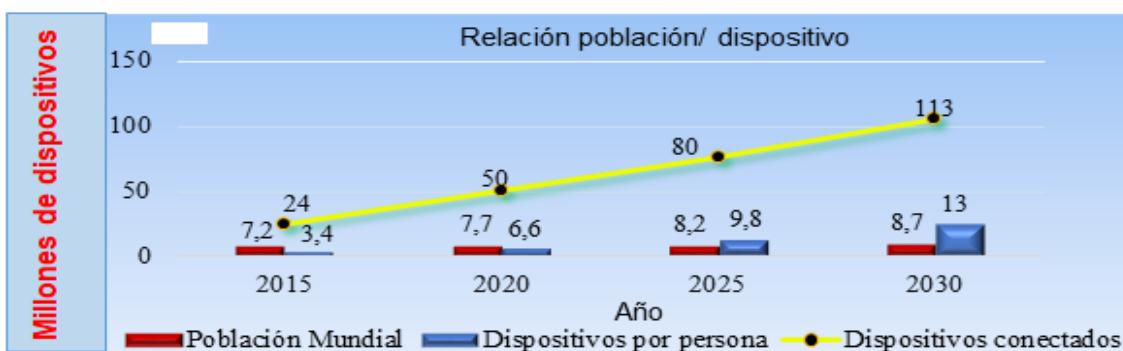
Se realiza un estudio observacional, descriptivo y prospectivo, desarrollado en la universidad Marta Abreu, en la provincia de las Villas Cuba, se emplea como técnica de recolección de datos el estudio de documentos, y como métodos teóricos y empíricos: Histórico-lógico: para revelar la evolución histórica fundamentalmente cuando se realiza el análisis para el procesamiento remoto de información desde la convergencia de varias redes de telecomunicaciones, a partir de sensores inalámbricos. Análisis-síntesis: para establecer los presupuestos teóricos y metodológicos que sustentan todo el transcurso de la investigación fundamentalmente cuando se realiza el análisis para el procesamiento remoto de información desde la convergencia de varias redes de telecomunicaciones, a partir de sensores inalámbrico.

Inducción-deducción: para establecer los razonamientos generales y singulares fundamentalmente en el proceso el análisis para el procesamiento remoto de información desde la convergencia de varias redes de telecomunicaciones, a partir de sensores inalámbricos.

El método hermenéutico que recorre toda la investigación en la comprensión, explicación e interpretación de los conceptos relacionados con este tema. Análisis de documentos: Se revisan 21 fuentes bibliográficas de diferentes autores en revistas de impacto e internet que evidencian la actualidad e importancia de la investigación. Y permiten valorar el procesamiento remoto de información desde la convergencia de varias redes de telecomunicaciones, a partir de sensores inalámbricos, además de su impacto.

Resultados y discusión

Cuando se habla del Internet de las cosas, se debe partir que desde 1999 fue definido el concepto de IoT como objetos conectados e identificados por la tecnología de radiofrecuencia (RFID). Sin embargo, esta definición cambia en función de los procesos. Un concepto más general sería el de Furstenau (2018), que refiere que el IoT es la conexión de dispositivos de cualquier tipo a Internet, enviando información de forma continua o periódica a cualquier tipo de base de datos. IoT conectará millones de dispositivos de cualquier lugar a una misma red para intercambiar información y mediciones en tiempo real. En próximos años a criterio de Swamys (2020), se estima que los sensores conectados a la red representarán doce veces la cantidad de habitantes en el planeta, aumentando significativamente el soporte tecnológico a la inteligencia de aplicaciones que forman una ciudad inteligente, los datos estadísticos se muestran en la Figura 1.

Figura 1. Dispositivos por personas.

Fuente: Furstenau I. b., Rodrigues y. P.T., sott m. K., Leivas p., Dohan m. s., López--Robles j.

Respecto a la inteligencia artificial y mega datos, las tecnologías emergentes están orientadas a disminuir el tiempo en la toma de decisiones, ya sea en el comercio, agricultura, diseño, entre otros. Para lograr incrementar los beneficios económicos, procesos, productos y servicios, es necesario un alto grado de análisis de información acumulada, que bien pudiera estar en la nube o en servidores dedicados, esta información sin ningún tipo de análisis carecería de utilidad, sin embargo, procesar y analizar esta información brindaría resultados y detalles con precisión.

El volumen de datos se duplica cada año y en este sentido, el Big Data suministra la información recopilada a la IA para que sea profundamente analizada y procesada. Los grandes volúmenes de datos hacen posibles la comprensión de conceptos y características. La capacidad de aprendizaje de las máquinas está creciendo vertiginosamente, por lo que el análisis a este gran volumen de datos les ayuda a aprender y entender aún más rápido, en este aspecto se concuerda con (Rouhiainen, 2018).

Siendo así, con la rápida evolución de las generaciones móviles hacia la 5G las velocidades de bajada aumentan exponencialmente. 5G integrará todas las tecnologías emergentes que almacenan datos y hacen análisis para la toma de decisiones, logrando así una transformación digital al 100% en todos los ámbitos de la industria. Los servicios móviles de 5G multiplicarán el número de dispositivos que podrán interconectarse y formar parte del IoT.

Los servicios móviles 5G alcanzan velocidades que permiten el acceso de aplicaciones remotas a los datos e información en la nube en el orden de los Gbit/s y una latencia menor a un milisegundo, Tabla 1.

Tabla 1. Generaciones de las tecnologías móviles.

	Tecnología	Velocidad máxima	Latencia	Características principales
Generación	Analógica	~2.4 kbit/s	N/A	Llamadas de voz básicas, sin soporte para datos.
2G	GSM	~50 kbit/s (GPRS)	~300 ms	Introdujo SMS y datos móviles básicos (GPRS/EDGE).
3G	UMTS	~2 Mbit/s (HSDPA)	~100 ms	Mayor velocidad para navegación web, videollamadas y aplicaciones básicas.
4G	LTE	~1 Gbit/s (LTE-A)	~30 ms	Banda ancha móvil, streaming de video en HD, aplicaciones en la nube.
5G	NR (New Radio)	~10 Gbit/s (teórica)	< 1 ms	Velocidades ultra rápidas, latencia ultra baja, soporte para IoT, ciudades inteligentes y más.

Fuente: E. NR, "Base Station (BS) Radio Transmission and Reception (3GPP TS 38.104 Version 15.5. 0 Release 15)

1G: Primera generación, solo voz analógica.

2G: Introdujo servicios de texto (SMS) y datos móviles básicos.

3G: Mejoró la velocidad para aplicaciones multimedia y navegación web.

4G: Ofreció velocidades de banda ancha móvil, ideal para streaming y aplicaciones en la nube.

5G: Revoluciona con velocidades en el orden de los Gbit/s y latencia ultra baja (<1 ms), permitiendo aplicaciones remotas en tiempo real, IoT masivo y ciudades inteligentes.

La 5G se considera una red convergente donde se integran los hogares y las industrias para la transformación digital; 5G pasará a ser parte del backbone en la infraestructura de telecomunicaciones de cualquier país.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y el Grupo de la 3ra Generación de patrocinio de proyectos (3GPP) que incluye las firmas Huawei, ZTE, Ericsson, Nokia, Qualcomm, entre otros, y el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), exponen en el documento 3GPP TS 38.104 V16.1.0 de octubre del 2019 los rangos de frecuencia RF1 y RF2, ambos descritos en las Tabla 2

Tabla 2. Desglose de Rangos de frecuencias de la 5G.

Rango	Banda	Rango frecuencia	de Ancho de banda
Baja frecuencia	N71, N28, N20	600 MHz – 1GHz	10 MHz – 20 MHz
Frecuencia media	N78, N41, N1	1 GHz – 6 GHz	50 MHz – 100 MHz
Alta frecuencia	N257, N260, N261	24 GHz – 100 GHz (MMWAVE)	400 MHz – 2GHz

Fuente: 3rd Generation Partnership Project (3GPP)

Rango: Clasificación general de las frecuencias (baja, media, alta).

Banda: Bandas específicas estandarizadas por 3GPP (ejemplo: n78, n257).

Rango de Frecuencia: Intervalo de frecuencias utilizado.

Ancho de Banda: Espectro disponible para la transmisión de datos.

Detalles adicionales:

- Baja Frecuencia (Sub-1 GHz):
- Bandas comunes: n71 (600 MHz), n28 (700 MHz), n20 (800 MHz).
- Ancho de banda limitado, pero con gran cobertura y penetración.

Frecuencia Media (1-6 GHz):

- Bandas comunes: n78 (3.5 GHz), n41 (2.5 GHz), n1 (2.1 GHz).
- Equilibrio entre cobertura y capacidad, ideal para zonas urbanas.

Alta Frecuencia (mmWave):

- Bandas comunes: n257 (28 GHz), n260 (39 GHz), n261 (28 GHz).
- Gran ancho de banda, permite velocidades extremadamente altas, pero con menor cobertura.

Una mayor velocidad permitirá incrementar el uso de sensores en multitud de aplicaciones industriales, tanto para controlar maquinarias como en aplicaciones de gestión logística o de transporte remoto. Según Swamys (2020), en el sector de la salud permitirá a los cirujanos controlar instrumentos y robots de alta precisión para realizar operaciones quirúrgicas a distancia.

La implementación de esta tecnología favorecerá el acceso a la nube de dispositivos con menor memoria interna y evitará la necesidad de equiparlos con múltiples procesadores, dado que el nivel de cómputo se podrá derivar hacia la red. Esto permitirá, a criterio de Sahoo (2023), prolongar la vida útil y la autonomía energética de los sensores, de esta manera podrán transmitir mayor variedad de datos, desde imágenes en alta definición hasta vídeo en tiempo real.

En cuanto a los sensores, estos son dispositivos que convierten los parámetros físicos, químicos o biológicos de entrada en señal eléctrica equivalente, o en otra información útil acorde con sus variaciones y se clasifican atendiendo a las variables con las que interactúan como la temperatura, la presión, fuerza, voltaje, amperaje, gas, por el principio de transducción en resistivo, capacitivo, inductivo, piezoeléctrico o semiconductor, por el tamaño y tecnología de fabricación en macro, micro y nano, y por el nivel de inteligencia pueden ser simples o inteligentes según Nguyen (2020).

Los tipos de sensores más utilizados en la actualidad según su función se resumen en la Tabla 3 y en la Figura 3 se muestran físicamente algunos sensores.

Tabla 3. *Tipo de sensores más utilizados según su aplicación.*

Aplicación	Sensores
Iluminación	Fotoresistivos (LDR), fotoeléctricos.
Temperatura	Termistores (PTC, NTC, semiconductores)
Humedad	Resistivos, capacitivos.
Posición/Inclinación	Mecánicos, resistivos, acelerómetros, magnéticos.
Presencia	Magnéticos, infrarrojos, ultrasonidos.
Distancia	Infrarrojos, ultrasonido.
Presión	Piezoeléctricos, resistivos
Caudal	Piezoeléctricos, magnetoresistivos
Frío/Calor	Células termoeléctricas (Peltier)
Químicos	Detectores de gas y humo

Fuente: Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., & Carreño, J. M.

Figura 3. *Tipo de sensores*



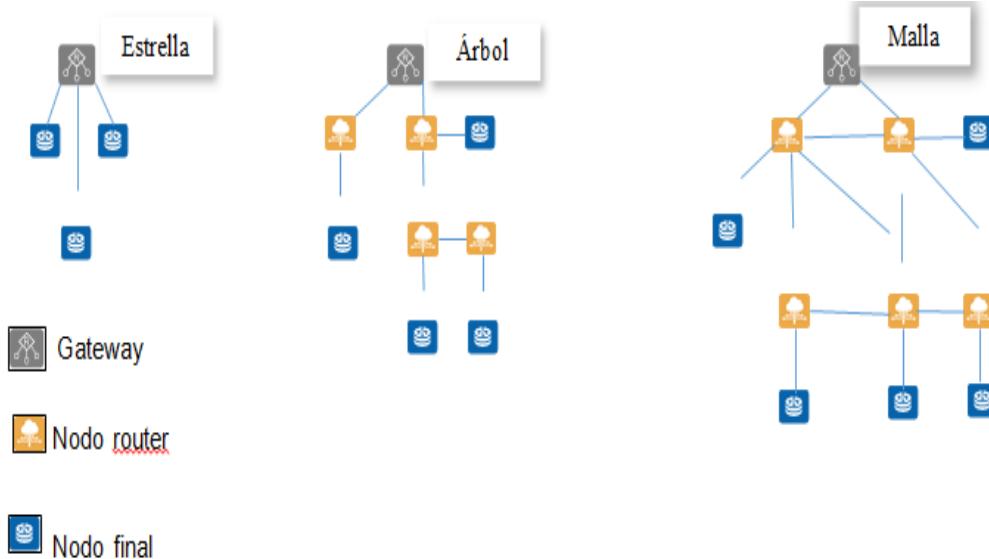
Fuente: Elaboración propia

Por tanto, las redes de sensores fueron diseñadas inicialmente para el ámbito industrial, sin embargo, en la actualidad han encontrado diversos usos en escenarios como el hogar, lo militar, medioambiental, en la salud, en lo comercial, entre otras. Estas redes tienen la capacidad de crecer en número de nodos en forma exponencial y la implementación o desinstalación es rápida y fácil, lo que hace posible como refiere Rachavendra (2006), realizar cambios temporales o de emergencia en un intervalo de tiempo relativamente corto.

De las topologías básicas como estrella, árbol, malla (mesh), es esta última la más usada actualmente en las Redes de Sensores Inalámbricos (WSN). Todos los nodos están conectados entre sí, por lo que no requiere un nodo o coordinador central y por consiguiente la información no se concentra en un solo nodo.

La información se envía de un nodo a otro que esté dentro de su alcance, de lo contrario la red debe ser capaz de usar un nodo intermedio para llegar a otro que está fuera de su alcance, esta tipología utiliza tres elementos, nodo final, gateway (puerta de enlace) y router (enrutador), Figura 3.

Figura 4. Topologías



Fuente: Elaboración propia

Algunos ejemplos actuales de redes de nodos de sensores que utilizan la tipología de malla por su escalabilidad y versatilidad se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. WSN con tipología de malla

WSN	Estándar	Características
Zigbee	IEEE 802.15.4	Baja potencia, bajo costo, ideal para hogares inteligentes y automatización industrial.
Thread	IEEE 802.15.4	Basado en IPv6, diseñado para hogares inteligentes, interoperable con otros dispositivos.
Bluetooth Mesh	Bluetooth Low Energy	Escalable, bajo consumo de energía, ampliamente utilizado en iluminación y edificios inteligentes.
LoRaWAN	LoRa Alliance	Largo alcance, baja potencia, ideal para aplicaciones IoT en áreas extensas (agricultura, ciudades inteligentes).
Z-Wave	Z-Wave Alliance	Frecuencia sub-1 GHz, bajo consumo, ampliamente utilizado en seguridad y domótica.
WirelessHART	IEC 62591	Robustez industrial, soporta entornos críticos como plantas de manufactura y petróleo.
6LoWPAN	RFC 6282	Uso de IPv6 en redes de baja potencia, ideal para IoT en ciudades inteligentes.

Fuente: Elaboración propia

- WSN: Redes de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Networks).
- Estándar: Protocolo o especificación técnica que define la comunicación.
- Características: Ventajas y aplicaciones principales de cada red.

Aplicaciones destacadas:

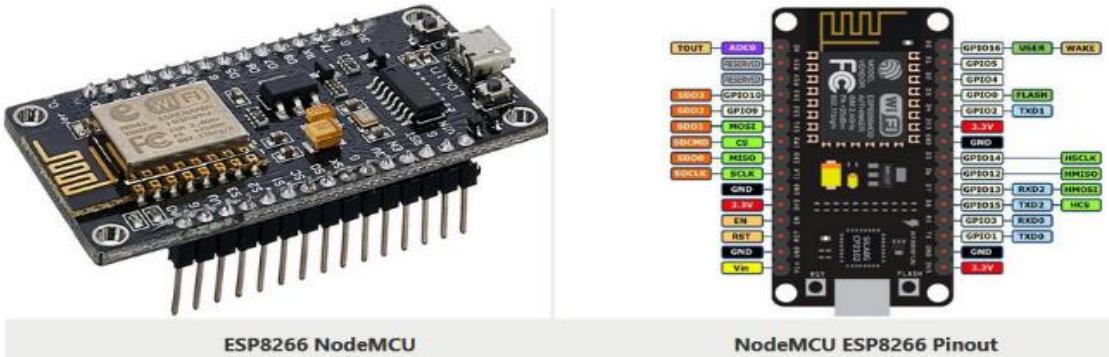
- Zigbee y Thread: Hogares inteligentes, automatización.
- Bluetooth Mesh: Iluminación inteligente, control de edificios.
- LoRaWAN: Agricultura, monitoreo ambiental, ciudades inteligentes.
- Z-Wave: Seguridad y domótica.
- WirelessHART: Entornos industriales críticos.
- 6LoWPAN: IoT en ciudades inteligentes.

La comunicación del sensor con los demás elementos de la red se realiza mediante un módulo inalámbrico al que está conectado. Existen muchos módulos inalámbricos en la actualidad, uno de ellos es el ESP8266 de Espressif como dice Systems (2023), un ejemplo de su empleo en diferentes ramas de la industria se encuentra en Aziz (2023).

El diseño compacto del módulo requiere un mínimo de circuitos externos y además ofrece una solución Wifi altamente integrada para la interconexión, con un uso eficiente de energía, diseño compacto y rendimiento confiable en la industria del IoT, Figura 5.

Figura 5. *ESP8266 NodeMCU.*

Fuente: Elaboración propia



Fuente: E. Systems, "ESP8266 Datasheet," Available: 15-mar 2023

También algunos de los protocolos de comunicación a nivel de aplicación son el Protocolo de transferencia de Hipertexto (HTTP), Protocolo de Aplicación Restringida (CoAP), el transporte de Telemetría de Cola de Mensajes (MQTT), entre otros. El protocolo MQTT por ejemplo, fue diseñado para sistemas con limitaciones de procesamiento y memoria, para redes con un ancho de banda reducido y alta latencia, su procesamiento es de bajo consumo de potencia, con lo que se coincide con Tsaq (2023), todas estas características favorecen a los dispositivos con recursos limitados y su escalabilidad es compatible con los requerimientos del IoT. En la Tabla 5 se comparan varios parámetros de estos protocolos.

Tabla 5. Comparación entre HTTP, CoAP y MQTT

Parámetro	HTTP	CoAP	MQTT
Arquitectura	Client/Server	Client/Server o Client/Broker	
Protocolo de transporte	TCP	UDP, SCTP	TCP (MQTT-SN puede usar UDP)
Calidad de Servicio (QoS)	No	Confirmable, confirmable	No- QoS0 - Una vez cuando más; QoS1 - Al menos una vez; QoS2 - Exactamente una vez
Distribución de los datos	Uno-a-Uno	Uno-a-Uno, Muchos	Uno-a-Uno, Uno-a-Muchos, Muchos-a-Muchos
Patrón	Solicitud/Respuesta	Solicitud/Respuesta	Publicación/Suscripción
Tamaño del encabezado	Indefinido	4 bytes	2 bytes

Puerto	80 / 443 (TLS/SSL)	5683(UDP) / (DTLS)	5684	1883 / 8883 (TLS/SSL)
Soporte Organizacional	Global Protocol Standard	Web Support, Cisco, Contiki, Erika, IoTivity	Large Web Community	IBM, Facebook, Eurotech, Cisco, Red Hat, Software AG, Tibco, ITSO, M2Mi, Amazon Web Services (AWS), InduSoft, Fiorano

Fuente: Vinitha, K., Prabhu, R. A., VVBhaskar, R., & Hariharan, R

Dos de las técnicas de conectividad más usadas en los últimos tiempos son las punto-a-punto y las punto-a-multipunto. Ambas son muy usadas para la comunicación efectiva entre nodos de sensores inalámbricos y proveedores de servicios a distancia. Cada una muestra diferencias en cuanto tiempo de conexión, alcance, costo, velocidad de transferencia, cantidad de nodos y tipo de seguridad, entre otros parámetros. En la Tabla 6 se puede observar una comparación entre algunas de las tecnologías inalámbricas más utilizadas en las redes de sensores inalámbricos.

Tabla 6. Tecnologías para las redes inalámbricas de sensores.

Parámetros	Bluetooth	Zigbee	WiFi	WiMax
Estándar	IEEE 802.5.1	IEEE 802.15.4	IEEE 802.11	IEEE 802.16
Topología	Ad-hoc	Ad-hoc, Punto a punto, estrella o malla	Punto-Hub	punto a punto, estrella o malla
Cobertura	10-100 m	10-100 m	50-100 m	48 km
Velocidad	1 Mbps	250 kbps	54 Mbps	70 Mbps
Frecuencia	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 y 5,8 GHz	2,5- 3.5 MHz
Número de nodos	7	64 000	32	2048
Consumo	Medio	Muy bajo	Alto	Medio
Seguridad	Cifrado 64 y 128 bits	AES-128	-	OSA y SKA
Costo	Bajo	Bajo	Alto	Alto

Fuente: Elaboración propia

Las aplicaciones de sensores inteligentes que integran los servicios de una ciudad inteligente comparten un elemento fundamental: una red de sensores que permite la recolección y transmisión de datos en tiempo real. Estas redes de sensores, conocidas como WSN, son esenciales para optimizar la gestión urbana y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. A continuación, se describen algunas de las aplicaciones más comunes y relevantes, detalladas en la Tabla 7. (Anexo.1)

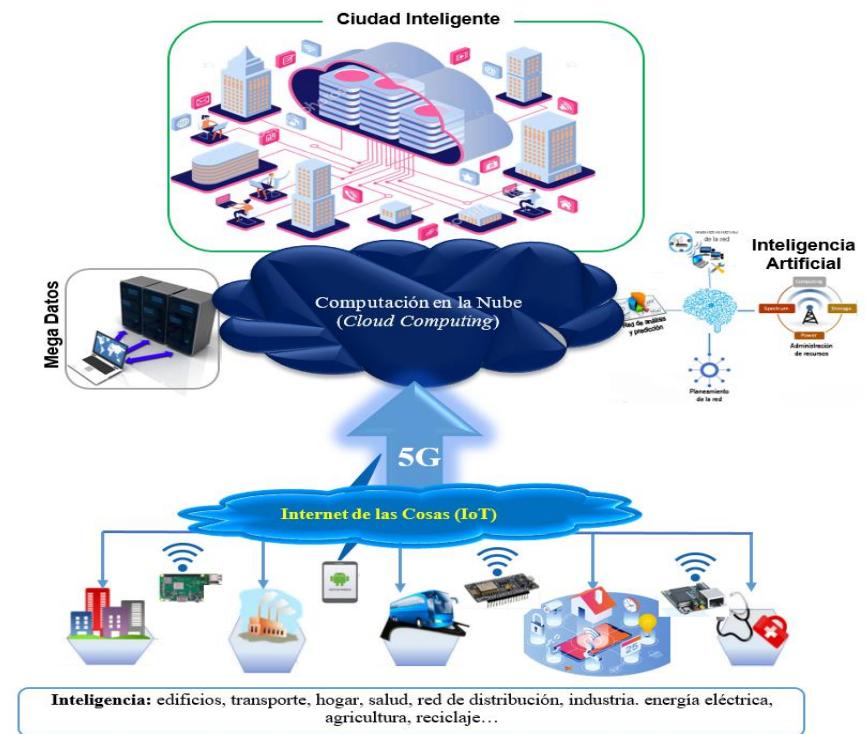
Al respecto, una ciudad inteligente es un entorno urbano donde convergen diversas tecnologías emergentes, integrando sensores con Internet de las Cosas, conectividad 5G, inteligencia artificial y computación en la nube, entre otras. Este ecosistema tecnológico busca automatizar procesos y optimizar la vida diaria de sus habitantes, priorizando el bienestar ciudadano con este criterio de Bellini (2020) se concuerda en esta investigación. La sinergia de estas tecnologías permite que redes de sensores, compuestas por millones de dispositivos de bajo consumo energético, se conecten a la nube. Esto facilita el intercambio continuo de información entre estos sensores y diversas plataformas en línea, donde se llevan a cabo procesos computacionales avanzados.

La información recopilada por estos sensores, al decir de Jasim (2021), es almacenada y gestionada mediante Big Data, lo que permite su análisis a gran escala. Gracias a la IA, esta información puede ser procesada en tiempos extremadamente cortos, lo que resulta crucial para una gestión eficiente en áreas que requieren decisiones rápidas e informadas. Los beneficios derivados de estas aplicaciones son vastos y abarcan múltiples aspectos de la vida urbana.

Por ejemplo, el control del tránsito se vuelve más dinámico y efectivo mediante la monitorización en tiempo real del flujo vehicular, optimizando rutas y reduciendo la congestión. Asimismo, los sistemas automatizados de iluminación ajustan su intensidad según las condiciones ambientales y la presencia de personas, contribuyendo al ahorro energético. En el ámbito de la seguridad pública, tecnologías como el reconocimiento de imágenes y sonidos ambientales permiten identificar situaciones anómalas o emergencias con mayor agilidad.

Además, como expone Alenoghena (2023), las aplicaciones en el sector salud son prometedoras: la adquisición y procesamiento de variables fisiológicas pueden facilitar diagnósticos médicos más precisos y oportunos. En el contexto medioambiental, los sensores pueden alertar a las empresas de reciclaje sobre contenedores llenos, optimizando así la logística del reciclaje y reduciendo residuos. También están surgiendo sistemas que controlan el clima en cultivos específicos, garantizando un uso más eficiente de recursos como agua y nutrientes.

Figura 6. Ciudad inteligente con tecnologías emergentes



Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, las ciudades inteligentes no solo mejoran la calidad de vida de los ciudadanos mediante la implementación eficiente de tecnologías avanzadas, sino que también promueven un entorno más sostenible y resiliente frente a los desafíos urbanos contemporáneos. Esta transformación hacia un modelo urbano inteligente es clave para enfrentar las demandas crecientes de las poblaciones urbanas del futuro.

Conclusiones

Los nodos IoT y la tecnología emergente 5G transformarán la manera de comunicarnos e influirán en la industria, las ciudades, la agricultura, entre otros. 5G provee el ancho de banda necesario a los nodos de sensores para que puedan ejecutar los algoritmos de cómputo más complejos en la nube.

El monitoreo con dispositivos conectados permite el análisis, control y la gestión inteligente de diversos servicios como la luz, la temperatura, la energía empleada en el hogar, por lo que los nodos de sensores y el 5G son esenciales para implementar la inteligencia de aplicaciones. Una ciudad inteligente es la máxima expresión del desarrollo urbano, producto de la automatización, digitalización y la interconexión de todas las cosas en función del bienestar de quienes la habitan. Las redes de nodos sensores siempre formarán parte de su arquitectura.

Author Contributions “J. Y. G. F. Conceptualización, investigación, redacción del borrador original y recopilación de datos. Y. G. T. : Análisis de datos, validación y revisión crítica del manuscrito. M. A. M. R. Supervisión, administración del proyecto, y contribuciones intelectuales y metodológicas.”

Conflicto de Intereses

Los autores de este artículo declaran de manera expresa que no existe ningún conflicto de interés de naturaleza personal, financiera, profesional o institucional que pudiera haber influido en el diseño, desarrollo, interpretación de los resultados o las conclusiones presentadas en esta investigación.

En específico, se certifica que:

1. No existen lazos familiares, laborales o de cualquier otra índole entre los autores que pudieran comprometer la objetividad del trabajo.
2. Este trabajo de investigación no contó con financiamiento externo de entidades comerciales o privadas que pudieran tener un interés particular en los hallazgos.
3. Ninguna institución patrocinadora, en caso de haberla, ha realizado solicitud alguna de modificación a la metodología, análisis o conclusiones del estudio con el fin de obtener un beneficio.
4. Las afiliaciones institucionales de los autores listadas en este artículo no representan un conflicto y no han tenido injerencia en la integridad de la investigación.

Por lo tanto, los autores asumen la plena responsabilidad intelectual del contenido de este artículo, el cual se presenta con total imparcialidad y rigor académico.

Referencias

González Quirós, J. L. (Ed.). (2006). *Los rascacielos de marfil: Creación e innovación en la sociedad contemporánea* (pp. 259–296). Lengua de Trapo; Escuela Contemporánea de Humanidades. ISBN 84-96080-67-6.

Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>

NgIAM, K. Y. y Khor, W. (2019). Big data and machine learning algorithms for health-care delivery. *The Lancet Oncology*, 20(5), e262–e273. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30149-4](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30149-4)

Nguyen, D. C., Cheng, P., Ding, M., Lopez-Perez, D., Pathirana, P. N., Li, J., Seneviratne, A., Li, Y. y Poor, H. V. (2020). *Enabling AI in future wireless networks: A data life cycle perspective*. IEEE Communications Surveys & TutorIAls, 23(1), 553–595. <https://doi.org/10.1109/COMST.2020.3028955>

- Peres, R. S., JIA, X., Lee, J., Sun, K., Colombo, A. W. y Barata, J. (2020). Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. *IEEE Access*, 8, 220121–220139. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3042874>
- Gokhale, P., Bhat, O. y Bhat, S. (2018). Introduction to IoT. International Advanced Research Journal in Science, *Engineering and Technology*, 5(1), 41–44.
- Fürstenau, L. B., Rodrigues, Y. P. R., Sott, M. K., Leivas, P., Dohan, M. S., López-Robles, J. R. y Guédria, W. (2023). Internet of things: Conceptual network structure, main challenges and future directions. *Digital Communication and Networks*, 9(2), 677–687. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2022.11.001>
- Swamy, S. N. y Kota, S. R. (2020). An empirical study on system level aspects of Internet of Things (IoT). *IEEE Access*, 8, 188082–188134. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9218916&isnnumber=8948470>
- Rouhainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Alienta EditorIAL.
- European Telecommunications Standards Institute. (2019). Base station (BS) radio transmission and reception (3GPP TS 38.104 version 15.5.0 Release 15). <http://www.etsi.org/standards-search>
- Adolph, M., Andreev, D., Aubineau, P., Bedi, I., Bozsóki, I., Bueti, C., Dillinger, M., Guedhami, O., Li, Z. y Rao, S. (2018). *Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos* (Vol. 1). Unión Internacional de Telecomunicaciones. <http://handle.itu.int/11.1002/pub/811d7a5f-en>
- Sahoo, S. S., Mohanty, S., Sahoo, K. S., Daneshmand, M., & Gandomi, A. H. (2023). A three factor based authentication scheme of 5G wireless sensor networks for IoT system. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(17), 15087–15099. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3264565>
- Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A. y Carreño, J. M. (2014). *Sensores y actuadores*. Grupo EditorIAL PatriA.
- Raghavendra, C. S., Sivalingam, K. M. y Znati, T. (2006). *Wireless sensor networks*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-0-387-49590-3>
- Espressif Systems. (2023). ESP8266 datasheet. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf
- Zahra A and Aziz A. (2022). Prototype Design of Landfill Gas Pipe Leak Monitoring System Based on Microcontroller Node MCU ESP8266 with the Internet of Things Method. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, <https://scholar.binus.ac.id/publication/4ADFE633-2C2B-4EA4-956B-EB67477A9547/prototype-design-of-landfill-gas-pipe-leak-monitoring->

[system-based-on-microcontroller-node-mcu-esp8266-with-the-internet-of-things-method](#)

Tsao, Y.-C., Cheng, F.-J., Li, Y.-H. y LIAo, L.-D. (2022). An IoT-based smart system with an MQTT broker for individual patient vital sign monitoring in potential emergency or prehospital applications. *Emergency Medicine International*, 2022, 123456. <https://doi.org/10.1155/2022/7245650>

Mesbahi, Y., Ed-Dahha, A., Guerbaoui, M., Selmani, A. y Lachhab, A. (2023). Data acquisition of a photovoltaic installation using ESP8266 card and MQTT protocol. *EasyChair Preprint*, 2516-2314. <https://easychair.org/publications/preprint/98wh>

Bellini, P., Nesi, P. y Pantaleo, G. (2022). IoT-enabled smart cities: A review of concepts, frameworks and key technologies. *Applied Sciences*, 12(3), 1607. <https://doi.org/10.3390/app12031607>

Jasim, N. A., Th, H. y Rikabi, S. A. (2021). Design and implementation of smart city applications based on the Internet of Things. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(1), 123–134. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i13.22331>

Alenoghena, C. O., Ohize, H. O., Adejo, A. O., Onumanyi, A. J., Ohihoin, E. E., Balarabe, A. I. y Ovarhimwen, A. (2023). Telemedicine: A survey of telecommunication technologies, developments, and challenges. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 12(1), 20. https://www.researchgate.net/publication/368958349_Telemedicine_A_Survey_of_Telecommunication_Technologies_Developments_and_Challenges