

Aplicaciones de Iot en Redes Eléctricas y Manejo de Residuos

1st Carlos David Bello
Estudiante Ingeniería Informática
Universidad de la Sabana
Chía, Colombia
carlosbeor@unisabana.edu.co

2nd John Jairo Rojas
Estudiante Ingeniería Informática
Universidad de la Sabana
Chía, Colombia
johnrove@unisabana.edu.co

Abstract—Este trabajo presenta un análisis comprensivo de la implementación del Internet de las Cosas (IoT) en dos áreas críticas de los sistemas urbanos inteligentes: la gestión de residuos y la gestión energética. Se examina la arquitectura de tres capas (percepción, conectividad y computación) en ambos contextos, destacando cómo estas tecnologías optimizan los procesos operativos y contribuyen a la sostenibilidad urbana.

Index Terms—Internet de las Cosas, Smart Cities, Gestión de Residuos, Smart Grids, Gestión Energética, Sostenibilidad Urbana

I. IOT EN GESTIÓN DE RESIDUOS: CIUDADES INTELIGENTES

A. Descripción

El crecimiento urbano y el aumento en la producción de desechos exigen soluciones innovadoras para la gestión de residuos. En este contexto, el Internet de las Cosas (IoT) ofrece un enfoque transformador, optimizando la recolección y el tratamiento de basura en ciudades inteligentes. La integración de sensores, actuadores y plataformas de análisis posibilita la monitorización en tiempo real y la toma de decisiones basada en datos, lo que se traduce en una planificación urbana más ágil y sostenible.

B. Arquitectura IoT

En Smart Waste Management (SWM), la arquitectura IoT tiene tres capas: percepción, conectividad y computación. En percepción, sensores en contenedores miden nivel de llenado, peso y ambiente, optimizando la recolección y evitando acumulaciones. Sosunova y Porras (s.f.) destacan que "la implementación de sensores en contenedores permite una planificación eficiente y una respuesta rápida" (Sosunova & Porras, s.f.).

La capa de conectividad asegura la transmisión segura de datos mediante NB-IoT y LoRaWAN, facilitando la comunicación entre dispositivos urbanos y centros de control. Según Zaslavsky y Medvedev (s.f.), "los protocolos LPWAN son esenciales para la gestión eficaz de datos en entornos urbanos" (Zaslavsky & Medvedev, s.f.),

La capa de computación almacena los datos en la nube o edge computing, donde IA y machine learning optimizan rutas de recolección y predicen picos de acumulación. Ullah y Haque (s.f.) afirman que "el machine learning en la gestión



Fig. 1. Gestión de residuos: IoT en contenedores, redes y control central. Imagen IA.

de residuos permite estrategias más efectivas y sostenibles" (Ullah & Haque, s.f.), mejorando la eficiencia y reduciendo costos.

C. Ciclo de Vida

El ciclo de vida de los datos en IoT abarca generación, transmisión, almacenamiento, procesamiento y uso. Los contenedores inteligentes generan datos en tiempo real, que se transmiten vía LPWAN a centros de datos, donde se almacenan y analizan para optimizar la recolección. Esta información, accesible en aplicaciones móviles, permite una gestión proactiva y colaborativa.

Sin embargo, la implementación de IoT en residuos enfrenta desafíos de ciberseguridad, ya que los dispositivos son vulnerables a ataques que comprometen la integridad de los datos. Por ello, es clave aplicar encriptación, autenticación y monitoreo continuo para mitigar riesgos (Zaslavsky & Medvedev, s.f.).

II. IOT EN GESTIÓN ENERGÉTICA

A. Descripción

La integración del Internet de las Cosas (IoT) en la gestión de energía ha transformado las redes eléctricas tradicionales en **Smart Grids**, permitiendo una monitorización y optimización más precisa de la generación, distribución y consumo energético. Este paradigma no solo mejora la eficiencia y estabilidad de la red, sino que también posibilita la implementación de estrategias de respuesta a la demanda (**Demand Response**), las cuales equilibran la carga energética y facilitan la incorporación de fuentes renovables.

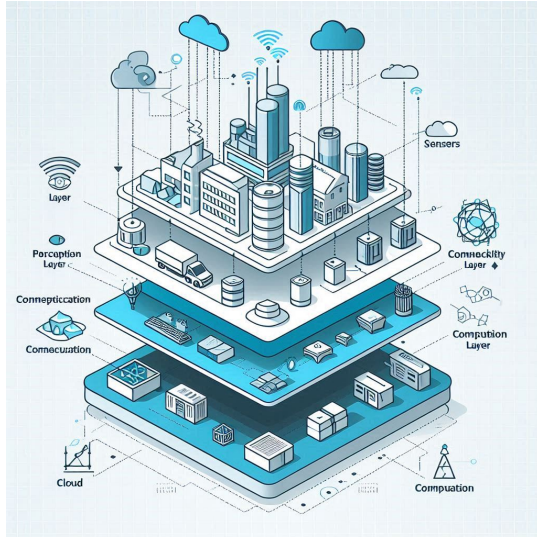


Fig. 2. Arquitectura de tres capas: sensores, redes y nube para gestión de residuos. Imagen IA.

B. Arquitectura IoT

La arquitectura IoT en las **Smart Grids** se organiza en tres capas clave. En la capa de percepción, medidores inteligentes, sensores de consumo y dispositivos de monitoreo registran en tiempo real el flujo energético, permitiendo su gestión dinámica. Saleem y Usman (s.f.) destacan que estos medidores no solo miden el consumo, sino que también permiten la **comunicación bidireccional** y el control remoto, optimizando el uso de la energía.

La capa de conectividad emplea redes celulares (4G/5G), LPWAN o fibra óptica para garantizar la transmisión segura y en tiempo real de los datos hacia los centros de control. Según Khan (s.f.), esta infraestructura es clave para estrategias de **Demand Response**, permitiendo una interacción inmediata entre consumidores y el sistema eléctrico para ajustar la demanda y mejorar la distribución de energía.

Finalmente, en la capa de computación, los datos se almacenan en la nube o servidores locales y son analizados mediante **machine learning** y **algoritmos avanzados**. Rodrigues y Rabêlo (s.f.) afirman que la integración de IoT permite un análisis en tiempo real, esencial para la gestión de la demanda y la implementación de estrategias de ahorro.

C. Ciclo de Vida

El ciclo de vida de los datos en este ecosistema IoT abarca cinco etapas:

- **Generación:** Los dispositivos registran en tiempo real el consumo y la producción de energía.
- **Transmisión:** Los datos se envían de forma segura al centro de control mediante redes de comunicación.
- **Almacenamiento:** Se guardan en bases de datos locales o en la nube para análisis en tiempo real e histórico.
- **Procesamiento:** Algoritmos de machine learning detectan patrones y predicen picos de consumo.
- **Utilización:** Los análisis permiten ajustes dinámicos y estrategias de control que optimizan el sistema eléctrico.

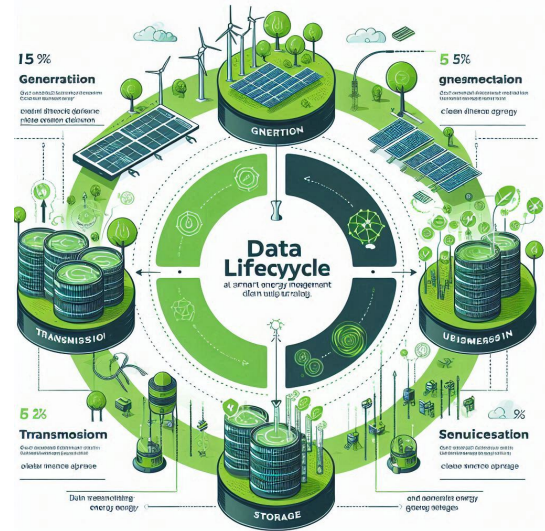


Fig. 3. Ciclo de datos en energía: generación, transmisión, almacenamiento, procesamiento y uso. Imagen IA.

El IoT en oficinas inteligentes optimiza el consumo energético mediante el control automatizado de iluminación y dispositivos, mejorando la eficiencia y el confort (Fuente 2, s.f.). Además, complementa las Smart Grids, ampliando su impacto en la gestión energética.

Sin embargo, la masiva conexión de dispositivos aumenta el riesgo de ciberataques, por lo que es crucial implementar encriptación y autenticación robustas para proteger la integridad y disponibilidad de los datos.

III. CONCLUSIONES

La integración del IoT en la gestión energética ha convertido las redes tradicionales en Smart Grids, permitiendo una monitorización y optimización precisa de la generación, distribución y consumo de energía. Este avance mejora la eficiencia y estabilidad de la red, además de facilitar estrategias de Demand Response, que equilibran la carga energética e impulsan la adopción de fuentes renovables.

REFERENCES

- [1] I. Sosunova and Porras, "IoT-Enabled Smart Waste Management Systems for Smart Cities: A Systematic Review," IEEE Xplore o ResearchGate.

- [2] A. Zaslavsky and Medvedev, "Challenges and Opportunities of Waste Management in IoT-Enabled Smart Cities: A Survey," IEEE Xplore.
- [3] S. M. A. Ullah and A. K. M. Mahmudul Haque, "Assessing Sustainable Waste Management Practices in Rajshahi City Corporation: An Analysis for Local Government Enhancement Using IoT, AI, and Android Technology," ResearchGate o MDPI.
- [4] T. Khan, "Investigation and Analysis of Demand Response Approaches, Bottlenecks, and Future Potential Capabilities for IoT-Enabled Smart Grid."
- [5] M. U. Saleem, "Design, Implementation, and Deployment of an IoT Based Smart Energy Management System."
- [6] J. J. P. C. Rodrigues and Rabêlo, "A New IoT-Based Smart Energy Meter for Smart Grids."
- [7] Fuente 2, "Estudios sobre la integración de IoT en oficinas inteligentes para ahorro energético."