

EDIFICIOS INTELIGENTES EN ENTORNOS RURALES: INTEGRACIÓN DE IOT E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PROVINCIA DE VALLADOLID

SMART BUILDING IN RURAL AREAS: INTEGRATION OF IOT AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE PROVINCE OF VALLADOLID

David ESCUDERO-MANCEBO¹ y Jezabel GÓMEZ²

¹ *Universidad de Valladolid. Valladolid, Castilla y León, España*

✉ escuderomancebo.david@uva.es

 <https://orcid.org/0000-0003-0849-8803>

² *Universidad de Valladolid. Valladolid, Castilla y León, España*

 <https://orcid.org/1111-2222-3333-4444>

RESUMEN: El proyecto de despliegue de edificios inteligentes impulsado por la Diputación de Valladolid tiene como objetivo contribuir al desarrollo del entorno rural mediante la digitalización. El Centro IA de la Universidad de Valladolid se ha incorporado al mismo para explorar las posibilidades del uso de tecnologías de inteligencia artificial en dicho fin. Se presenta el recorrido del proyecto, desde la instalación de sensores IoT en edificios municipales hasta la creación de un *dataset* multivariante con datos energéticos, ambientales y de ocupación. Se describen los procesos de ingesta y almacenamiento de la información en bases de datos de series temporales, así como las primeras aplicaciones de minería de datos y técnicas de *machine learning* para la detección de patrones y optimización de consumos. El trabajo concluye con una reflexión sobre el valor estratégico de la infraestructura IoT rural y su papel en la cohesión territorial y el reto demográfico mediante la IA.

Palabras clave: IoT; inteligencia artificial; territorios inteligentes.

ABSTRACT: The smart building deployment project promoted by the Valladolid Provincial Council aims to contribute to the development of rural areas through digitalisation. The University of Valladolid's AI Centre has joined the project to explore the possibilities of using artificial intelligence technologies for this purpose. The project's progress is presented, from the installation of IoT sensors in municipal buildings to the creation of a multivariate

dataset with energy, environmental and occupancy data. The processes of ingesting and storing information in time series databases are described, as well as the first applications of data mining and machine learning techniques for pattern detection and consumption optimisation. The paper concludes with a reflection on the strategic value of rural IoT infrastructure and its role in territorial cohesion and the demographic challenge through AI.

Keywords: IoT; artificial intelligence; smart territories.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de edificios inteligentes en el medio rural surge como respuesta a una combinación de retos estructurales que afectan a estos territorios, entre los que destacan la despoblación, la limitación de infraestructuras técnicas y el creciente impacto de los costes energéticos en la gestión municipal [1]. La digitalización se plantea como una oportunidad estratégica para reforzar la cohesión territorial, mejorar la eficiencia de los servicios públicos y avanzar hacia modelos de gestión más sostenibles [2, 3]. En este contexto se enmarca la iniciativa impulsada por la Diputación de Valladolid cuyo objetivo es dotar a los edificios municipales de una infraestructura IoT que permita monitorizar el consumo energético, las condiciones ambientales y los usos reales de los espacios¹. Esta base tecnológica no solo posibilita una mejor toma de decisiones, sino que abre la puerta a explorar progresivamente aplicaciones de inteligencia artificial, sentando las bases de una estrategia digital rural orientada a la modernización, la eficiencia y la mejora de la calidad de vida en los municipios.

2. RECURSOS Y MÉTODOS

La Figura 1 muestra el despliegue tecnológico en los edificios municipales, incluyendo sensores de consumo energético, calidad del aire (CO₂), temperatura, humedad y presencia, entre otros, con el fin de capturar información continua sobre el funcionamiento real de las instalaciones. Estos dispositivos se integran mediante pasarelas de comunicación que garantizan la conectividad y el envío de datos a plataformas centralizadas, empleando tecnologías adaptadas a las condiciones del medio rural. Los datos se almacenan en una base de datos SQL a la cual se accede para ofrecer servicios de visualización de información mediante un API REST.

En la Tabla 2 se describen más de 700 sensores. Se trata de un conjunto integral de sensores y dispositivos IoT orientados a la monitorización y la gestión inteligente de edificios y espacios urbanos, que permiten medir y optimizar consumos energéticos (electricidad, energía térmica, agua, gas y gasoil), controlar condiciones ambientales y de confort (temperatura, calidad del aire, iluminación, ruido y meteorología), gestionar infraestructuras y servicios (climatización, iluminación interior, aparcamientos, residuos y

1 <https://www.diputaciondevalladolid.es/web/soporte/edificios-inteligentes>

estaciones meteorológicas) y mejorar la seguridad y el uso de los espacios mediante el control de accesos, la detección de inundaciones y el análisis de afluencia y movimiento de personas.

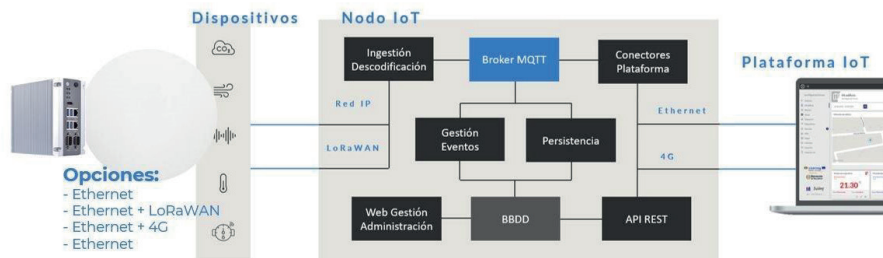


Figura 1. Arquitectura desplegada para la captura, el almacenamiento y la visualización de la información.

[illegible]

Tab. 1. Tipología de los sensores y su distribución geográfica

3. POTENCIALES APLICACIONES DE IA Y MACHINE LEARNING

En la aplicación de técnicas de inteligencia artificial y de *machine learning* en este contexto, el principal desafío identificado es la falta de datos etiquetados [3], una limitación habitual en entornos municipales donde, pese a contar ya con sensorica desplegada y datos disponibles, la aplicación avanzada de IA aún no se ha consolidado. En este escenario, las aproximaciones no supervisadas, basadas en parametrización y técnicas de *clustering* [4], se perfilan como una alternativa viable a corto plazo. Una primera exploración de los resultados evidencia diferencias significativas en las series temporales de la misma magnitud asociadas a diferentes espacios (tanto en el mismo edificio como entre edificios). El uso de referencias parametrizadas de las series temporales y algoritmos clásicos de detección de anomalías [5] se perfila como una técnica a ser explorada.

Asimismo, los modelos de predicción de momentos críticos de mantenimiento [6] representan un problema más acotado y, por tanto, más sencillo de abordar en fases iniciales, lo que explica su alta aceptación por parte de los municipios [7] como primer paso hacia una adopción progresiva de soluciones de inteligencia artificial. Casos de uso tales como el envío de avisos cuando haya que reponer el gasoil de la caldera han demostrado ser bien percibidos por la población y los agentes beneficiarios de las tecnologías.

Los datos han sido exportados a la base de datos *InfluxDB* para usar *Grafana* como *dashboard*. En paralelo se han creado archivos de características con las series temporales. El volumen de información es elevado (se monitorizan 6 muestras por hora), lo cual permitiría explorar el uso de modelos preentrenados sobre series temporales multivariantes [3, 4] como alternativa al uso de parametrizaciones (histogramas, LPC y/o FFT, por ejemplo). La disponibilidad de métricas objetivas derivadas de la sensórica abre además la puerta a evaluar de manera sistemática la calidad y la eficacia de las intervenciones realizadas, en línea con enfoques de evaluación cuantitativa [8], permitiendo no solo justificar decisiones de gestión, sino también sentar las bases para procesos de optimización continua asistidos por inteligencia artificial

4. CONCLUSIONES

La digitalización de los entornos rurales se presenta como una opción estratégica clave para su desarrollo, al tiempo que se convierte en un elemento necesario para impulsar la modernización municipal. En este contexto, el IoT aplicado a edificios inteligentes permite recopilar grandes volúmenes de datos a través de la sensórica, cuyo valor se ve reforzado por la inteligencia artificial, llamada a desempeñar un papel fundamental en su análisis y explotación. Esta combinación tecnológica contribuye de manera directa al reto demográfico, ya que posibilita el envío de alertas que evitan la presencia in situ, facilita el control remoto asistido de las instalaciones y genera importantes ahorros en la gestión y el mantenimiento. Tener en cuenta consideraciones de seguridad [9] y de calidad del dato [10] debe traducirse en una percepción positiva tanto por parte de las autoridades locales como de los vecinos, que ven en estas soluciones una mejora tangible de los servicios y de la calidad de vida en el entorno rural.

5. AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte del Proyecto de Asesoramiento en el uso de sistemas inteligentes para la gobernanza del dato en entornos provinciales: caso de uso en la provincia de Valladolid (SIGODEP-VA). Referencia: FECYT clave FCT-24-21134.

6. REFERENCIAS

1. Mosannenzadeh, F., & Vettorato, D. (2014). Defining smart city. A conceptual framework based on keyword analysis. *TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 7(3), 257-276. <https://doi.org/10.6092/1970-9870/2523>
2. Gómez-Valenzuela, V., & Holl, A. (2025). Rural depopulation in the context of 4.0 technologies: Opportunities for sustainability and innovation policies. *Journal of Planning Literature*, 40(3), 407-424. <https://doi.org/10.1177/08854122241276015>
3. Liu, Y., Zhou, Y., Yang, K., & Wang, X. (2023). Unsupervised deep learning for IoT time series. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(16), 14285-14306. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3243391>
4. Dridi, J., Amayri, M., & Bouguila, N. (2024). Unsupervised clustering-based domain adaptation for estimating occupancy and recognizing activities in smart buildings. *Journal of Building Engineering*, 85, Artículo 108741. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.108741>
5. Cook, A. A., Mısırlı, G., & Fan, Z. (2019). Anomaly detection for IoT time-series data: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(7), 6481-6494. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2958185>
6. Sater, R. A., & Hamza, A. B. (2021). A federated learning approach to anomaly detection in smart buildings. *ACM Transactions on Internet of Things*, 2(4), 1-23. <https://doi.org/10.1145/3467981>
7. Dissem, M., Amayri, M., & Bouguila, N. (2024). Neural architecture search for anomaly detection in time-series data of smart buildings: A reinforcement learning approach for optimal autoencoder design. *IEEE Internet of Things Journal*, 11(10), 18059-18073. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2024.3360882>
8. Morano, P., Guarini, M. R., Tajani, F., & Anelli, D. (2020). Sustainable redevelopment: The cost-revenue analysis to support the urban planning decisions. In O. Gervasi, B. Murgante, S. Misra, C. Garau, I. Blečić, D. Taniar, B. O. Apduhan, A. M. A. C. Rocha, E. Tarantino, & C. M. Torre (Eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020* (pp. 968-1080). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58808-3_69
9. Alonso-Núñez, J., López Martínez, D., & Llanos Ferraris, D. R. (2025). *Arquitectura segura para la trazabilidad basada en IoT y blockchain* [Manuscrito presentado para publicación].
10. Pezzutto, S., Bottino-Leone, D., & Wilczynski, E. J. (2025). Enhancing sustainability through quality controlled energy data: The Horizon 2020 EnerMaps Project. *Sustainability*, 17(17), Artículo 7684. <https://doi.org/10.3390/su17177684>