

Ciudades inteligentes y la implementación de la Inteligencia Artificial en el transporte Autónomo – Una propuesta para la ciudad de Querétaro

Smart cities and the implementation of Artificial Intelligence in Autonomous transportation – A proposal for the city of Querétaro

—

Violena Hubenova Nencheva
violena.nencheva@gmail.com

Mauricio Morales González

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO



Para citar este artículo:

Hubenova Nencheva, V., & Morales González, M. Ciudades inteligentes y la implementación de la Inteligencia Artificial en el transporte Autónomo – Una propuesta para la ciudad de Querétaro. *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 14(41). <https://doi.org/10.31644/IMASD.41.2025.a03>

RESUMEN

Las ciudades inteligentes, impulsadas por el uso de la Inteligencia Artificial (IA), representan un enfoque innovador para abordar los desafíos urbanos contemporáneos y mejorar la calidad de vida de los residentes. Estas ciudades utilizan tecnologías avanzadas y análisis de datos para optimizar la gestión de recursos, servicios públicos, movilidad y toma de decisiones. En este artículo se comparan diferentes aspectos de la vida urbana como transporte autónomo, aplicación de energías renovables, uso del internet y nivel de inversiones extranjeras directas en las ciudades de Tokio, Singapur y Querétaro para finalmente dar una propuesta de implementación de autobuses autónomos en la ciudad de Querétaro, utilizando las buenas prácticas aplicadas en Tokio y Singapur.

Palabras clave:

Ciudades inteligentes; Inteligencia Artificial; transporte autónomo.



— *Abstract*—

Smart cities, powered by the use of artificial intelligence (AI), represent an innovative approach to addressing contemporary urban challenges and improving the quality of life of residents. These cities use advanced technologies and data analysis to optimize resource management, public services, mobility and decision making. This article compares different aspects of urban life such as autonomous transportation, application of renewable energy, use of the Internet and level of foreign direct investments in the cities of Tokyo, Singapore and Querétaro to finally give a proposal for the implementation of autonomous buses in the city of Querétaro, using the good practices applied in Tokyo and Singapore.

Keywords:

Smart cities; IoT; autonomous transportation.



Debido al rápido crecimiento de la densidad de población en las ciudades urbanas, se requieren infraestructura y servicios para satisfacer las necesidades de los residentes de las ciudades. Sobre esta base, se produce un aumento significativo de dispositivos digitales, como: sensores, actuadores y teléfonos inteligentes que impulsan enormes potenciales comerciales para IoT (Internet of Things/Internet de las cosas), ya que todos los dispositivos pueden interconectarse y comunicarse entre sí en Internet. El prototipo de IoT está compuesto por objetos inteligentes y auto-configurables que están conectados entre sí a través de una infraestructura de red global. El IoT se considera mayoritariamente como objetos reales, muy dispersos, con baja capacidad de almacenamiento y de procesamiento, con el objetivo de mejorar la fiabilidad, el rendimiento y la seguridad de la ciudad inteligente y sus infraestructuras.

El Internet de las cosas es una infraestructura que incluye dispositivos físicos, vehículos modernos, edificios e incluso dispositivos eléctricos esenciales que utilizamos de manera constante, interconectados entre sí a través de Internet para que puedan acumular e intercambiar datos entre ellos. Estas "Cosas" tienen la prioridad y la capacidad de autoorganizarse y comunicarse con otras cosas sin intervención humana. El concepto de IoT tiene como objetivo presentar Internet aún más omnipresente e inmersiva. Además, al permitir un fácil acceso e interacción con una amplia variedad de dispositivos, como electrodomésticos, monitoreo, cámaras de vigilancia, sensores, pantallas, actuadores y vehículos. El IoT mejorará el desarrollo de diversas aplicaciones que aprovechen la enorme cantidad y diversidad de datos producidos por los objetos para implementar más servicios a empresas, ciudadanos y administraciones públicas (Yang, Han, Wang, Jiang, Song, 2020).

Cada vez más, las organizaciones de diversas industrias utilizan IoT para operar de manera más eficiente, brindar un mejor servicio al cliente, mejorar la toma de decisiones y aumentar el valor del negocio. Con IoT, los datos se pueden transferir a través de una red sin necesidad de interacciones de persona a persona o de persona a computadora. Un ecosistema de IoT consta de dispositivos inteligentes habilitados para la web que utilizan sistemas integrados (como procesadores, sensores y hardware de comunicación) para recopilar, enviar y actuar sobre los datos que adquieren de sus entornos. IoT también puede utilizar la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para ayudar a que los procesos de recopilación de datos sean más fáciles y dinámicos.

IoT permite que las máquinas completen tareas tediosas sin intervención humana. Las empresas pueden automatizar procesos, reducir los costos laborales, reducir el desperdicio y mejorar la prestación de servicios. IoT ayuda a que sea menos costoso fabricar y entregar bienes y ofrece transparencia en las transacciones de los clientes. IoT es una de

las tecnologías más importantes y continúa avanzando a medida que más empresas se dan cuenta del potencial de los dispositivos conectados para mantener su competitividad (Gillis, 2023).

IoT ofrece varios beneficios a las organizaciones. Algunos beneficios son específicos de la industria y otros son aplicables en múltiples industrias. Los beneficios comunes para las empresas incluyen los siguientes:

- Supervisa los procesos comerciales generales.
- Mejora la experiencia del cliente.
- Ahorra tiempo y dinero.
- Mejora la productividad de los empleados.
- Proporciona integración y modelos de negocio adaptables.
- Permite mejores decisiones comerciales.
- Genera más ingresos.

Existen numerosas aplicaciones del Internet de las cosas en el mundo real, que van desde la IoT para el consumidor y la IoT empresarial hasta la fabricación y la IoT. Las aplicaciones de IoT abarcan numerosos sectores verticales, incluidos el de automoción, telecomunicaciones y energía. En el segmento de consumo, por ejemplo, las casas inteligentes equipadas con termostatos inteligentes, electrodomésticos inteligentes y dispositivos electrónicos, de iluminación y de calefacción conectados se pueden controlar de forma remota a través de ordenadores y teléfonos inteligentes (Evans, 2011).

IoT se puede implementar muy bien en el concepto de ciudades inteligentes.

Una ciudad inteligente es un municipio que utiliza tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para aumentar la eficiencia operativa, compartir información con el público y mejorar tanto la calidad de los servicios gubernamentales como el bienestar de los ciudadanos. La misión general de una ciudad inteligente es optimizar las funciones de la ciudad e impulsar el crecimiento económico mientras mejora la calidad de vida de sus ciudadanos utilizando tecnología inteligente y análisis de datos. Se otorga valor a la ciudad inteligente en función de lo que elijan hacer con la tecnología, no solo de cuánta tecnología puedan tener. Se utilizan varias características importantes para determinar la inteligencia de una ciudad. Estas características incluyen:

- una infraestructura basada en tecnología
- iniciativas medioambientales
- un sistema de transporte público de alto funcionamiento
- un sentido seguro de planificación urbana y
- humanos para vivir y trabajar dentro de la ciudad y utilizar sus recursos

El éxito de una ciudad inteligente depende de su capacidad para formar una relación sólida entre el gobierno y el sector privado. Esta relación es necesaria porque la mayor parte del trabajo que se realiza para crear y mantener un entorno digital basado en datos ocurre fuera del gobierno (Rodríguez & López, 2018).



Nota. Adaptado de <https://www.techtarget.com>, 2023.

Figura 1. Componentes de una ciudad inteligente

Las ciudades inteligentes utilizan una combinación de dispositivos de Internet de las cosas (IoT), soluciones de software, interfaces de usuario (UI) y redes de comunicación. Sin embargo, dependen ante todo del IoT. Los dispositivos de IoT a veces tienen capacidades de procesamiento llamadas computación de borde. La computación perimetral garantiza que solo la información más importante y relevante se comunique a través de la red de comunicación. También es necesario un sistema de seguridad firewall para la protección, monitoreo y control del tráfico de red dentro de un sistema informático (Rodríguez & López, 2018).

La conservación y la eficiencia energética son partes importantes de las ciudades inteligentes. Las ciudades inteligentes utilizan su red de dispositivos IoT conectados y otras tecnologías para lograr sus objetivos de mejorar la calidad de vida y lograr el crecimiento económico. Las ciudades inteligentes exitosas siguen cuatro pasos:

1. Recolección: sensores inteligentes en toda la ciudad recopilan datos en tiempo real.

2. Análisis: los datos recopilados por los sensores inteligentes se evalúan para extraer información significativa.
3. Comunicación: los conocimientos que se han encontrado en la fase de análisis se comunican a los tomadores de decisiones a través de sólidas redes de comunicación.
4. Acción: las ciudades utilizan los conocimientos extraídos de los datos para crear soluciones, optimizar las operaciones y la gestión de activos y mejorar la calidad de vida de los residentes.

La sostenibilidad es otra faceta importante de las ciudades inteligentes. Se espera que la urbanización aumente aún más en los próximos años. Según un informe de las Naciones Unidas alrededor del 55% de la población mundial reside actualmente en una zona urbana o ciudad. Se espera que esta cifra aumente un 68% en las próximas décadas. La tecnología inteligente ayudará a las ciudades a sostener el crecimiento y mejorar la eficiencia para el bienestar de los ciudadanos y la eficiencia gubernamental en las áreas urbanas en los próximos años. Si bien las ciudades ya presentan ventajas ambientales, como huellas geográficas más pequeñas que impactan menos sistemas ecológicos, también impactan negativamente al medio ambiente con emisiones, como su uso extremo de combustibles fósiles.

Muchas ciudades de todo el mundo han comenzado a implementar tecnologías inteligentes, algunas se destacan como las que están más avanzadas en desarrollo. Estas ciudades incluyen: Kansas City, Misuri, EE.UU., San Diego, California, EE.UU., Nueva York, Nueva York, EE.UU., Toronto, Canadá, Singapur, Tokio, Japón y muchas otras (Smith, 2020).

La mayoría de los nuevos proyectos de ciudades inteligentes se concentran en Medio Oriente y China, pero en 2018, Reikiavik y Toronto figuraban junto a Tokio y Singapur como algunas de las ciudades más inteligentes del mundo. La ciudad-estado de Singapur, a menudo considerada el estándar de oro de las ciudades inteligentes, utiliza sensores y cámaras habilitadas para IoT para monitorear la limpieza de los espacios públicos, la densidad de multitudes y el movimiento de los vehículos registrados localmente. Sus tecnologías inteligentes ayudan a las empresas y a los residentes a controlar el uso de energía, la producción de residuos y el uso del agua en tiempo real. Singapur también está probando vehículos autónomos, incluidos autobuses robóticos de tamaño completo, así como un sistema de seguimiento de personas mayores para garantizar la salud y el bienestar de sus ciudadanos mayores (García & Pérez, 2019).

MÉTODO

La metodología empleada en este artículo es el análisis estadístico cualitativo y cuantitativo al proporcionar y garantizar, tanto seguridad, como precisión a los resultados de la investigación. Este artículo hace uso de una gráfica estadística de crecimiento progresivo para la representación del porcentaje de los diferentes indicadores. Los gráficos que se muestran son de estadística comparativa y muestran los datos cuantitativos del avance de la tecnología en las ciudades inteligentes haciendo una comparación entre Querétaro, Singapur y Tokio. Los datos estadísticos recopilados son de fuentes secundarias, utilizando como fuentes instituciones de gobierno y los institutos estadísticos de los países mencionados para recopilar los datos necesarios para la creación de los gráficos. Se usa la estadística descriptiva en la parte de metodología cuantitativa para analizar las fuentes y los datos obtenidos.

RESULTADOS

En Singapur y Tokio, siendo dos ciudades inteligentes desarrolladas, se ha implementado un sistema de inteligencia artificial en muchos aspectos del bienestar público. Sin embargo, Querétaro también tiene varios avances en los temas del transporte, energías renovables y penetración de capital internacional mediante empresas extranjeras.

Tabla 1

Hospitales inteligentes en 2022

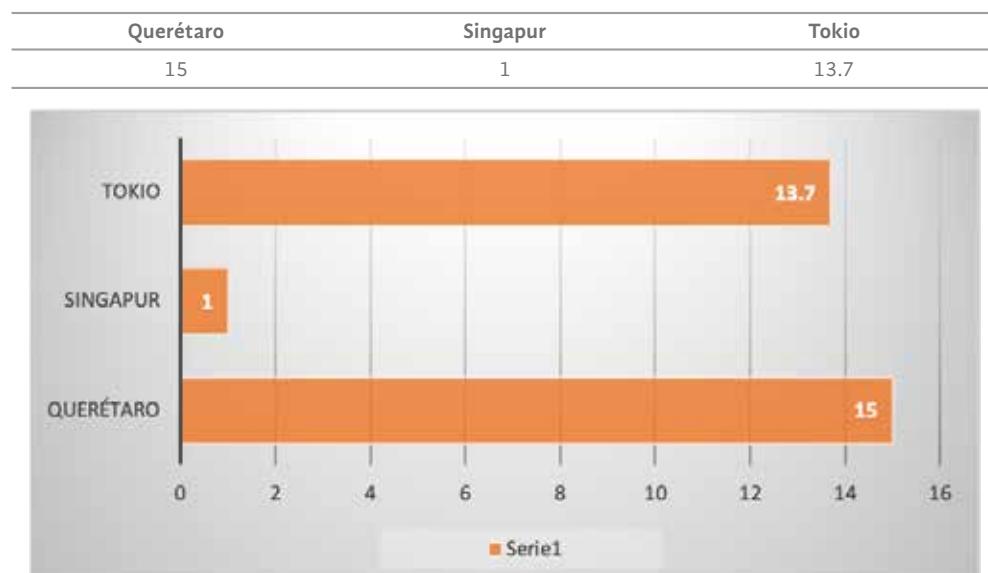
Querétaro	Singapur	Tokio
33	44	635



Nota. Elaboración propia.

En la primera tabla observamos las diferencias en el sector salud. En Querétaro, ha sido últimamente uno de los sectores que más desarrollo ha tenido, sobre todo los hospitales privados que están en constante crecimiento. Actualmente, la ciudad cuenta con 25 hospitales privados con inteligencia artificial y 8 públicos. En Singapur hay 16 hospitales públicos, 8 privadas y 20 policlínicas también de carácter público. En Tokio, el número de estos centros de salud es significativamente mayor – 635 en total.

Tabla 2
Uso de Energía renovable en % para 2022

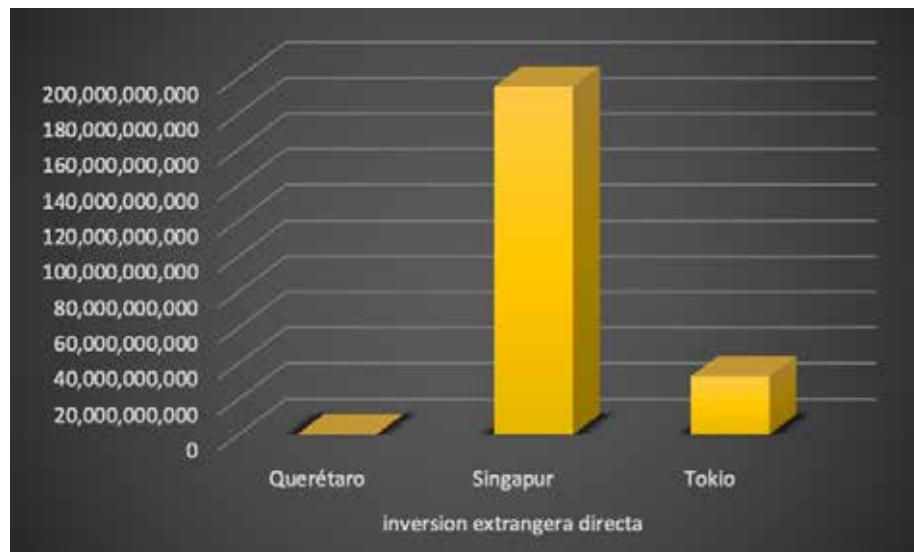


Nota. Elaboración propia.

En la tabla No.2 se evalúa el uso de energías renovables en las tres ciudades. Querétaro es la ciudad donde más se han implementado diferentes energías renovables como la eólica, la hidráulica, la biomasa. Singapur, por falta de recursos naturales, casi no usa energía verde y Tokio tiene muchas políticas de gobierno que promueven el uso de este tipo de energías.

Tabla 3
Inversión extranjera directa en 2022, monto en USD

	Querétaro	Singapur	Tokio
	380,000,000	195,000,000,000	32,530,000,000

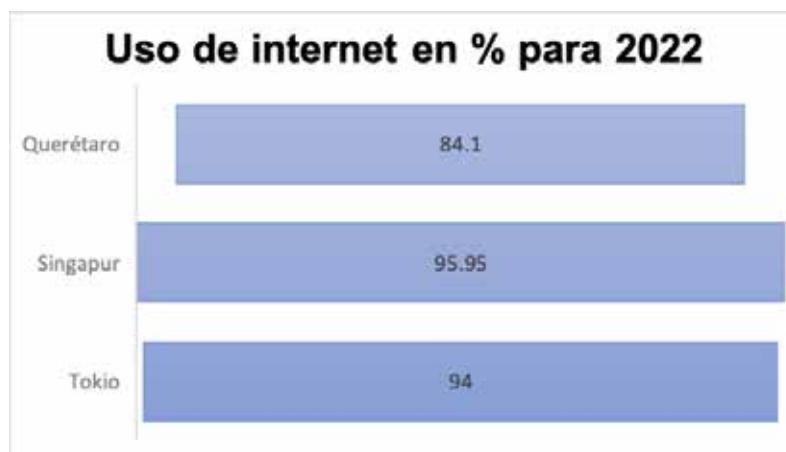


Nota. Elaboración propia.

En la tercera tabla se observa la diferencia de la penetración de inversiones extranjeras a través de empresas internacionales en las tres ciudades. Singapur es líder en este indicador y Querétaro, aunque cada año más empresas internacionales de diferentes ramas, abren en la ciudad, todavía no alcanza niveles altos de capital extranjero.

Tabla 4
Uso de internet en % para 2022

Querétaro	Singapur	Tokio
84.1	95.95	94



Nota. Elaboración propia.

En la última tabla, No.4, observamos la diferencia del uso de internet y dispositivos inteligentes en las tres ciudades. Tokio y Singapur tienen niveles casi parecidos, con un alcance casi total de la población, usando las nuevas tecnologías. Querétaro también ha tenido un gran avance en este indicador, llegado a 84% en finales del año 2022.

Todos estos datos muestran el avance de la tecnología en los diferentes ámbitos de las sociedades estudiadas – transporte, inversiones, salud etc. lo que permite un avance rápido hacia la conversión de Tokio y Singapur en este caso en ciudades cada vez más inteligentes. Querétaro también está siguiendo sus pasos implementando cada vez más herramientas apropiadas a una ciudad inteligente. Para tales efectos los autores dan una propuesta de proyecto para autobuses autónomos que podrían incorporarse a la ciudad de Querétaro y de esta forma incrementar el uso de la tecnología inteligente y la inteligencia artificial.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Propuesta de Proyecto de autobuses autónomos en la ciudad de Querétaro

Con la información sobre la aplicación de la inteligencia artificial y su uso en diferentes aspectos de la vida humana en las ciudades inteligentes, se puede demostrar las grandes ventajas que tiene para el crecimiento y el desarrollo de las ciudades hoy en día. Uno de estos aspectos es también el área del transporte, donde cada vez más vehículos autónomos ayudan a mejorar la circulación en las ciudades y prevenir accidentes. Un ejemplo de ello es el uso del transporte autónomo. Desde los años 80, en Francia, en la ciudad de Lille se introdujo el metro autónomo. Hoy en día, existen también autobuses autónomos en: Francia, Escocia, España y muchos otros países. En la Unión Europea a partir del 2022 existen leyes que obligan al transporte público contar con inteligencia artificial para proteger a los peatones. Las oportunidades de la inteligencia artificial en el transporte incluyen también la optimización de la logística a través de datos históricos y en tiempo real, la predicción del mantenimiento de vehículos, la optimización de la cadena de suministro y la planificación de rutas con predicción del tráfico y actualizaciones en tiempo real.

Herramientas a implementar:

- El sistema de Detección de Ángulos Muertos (Blind Spot Detection O BSD por sus siglas en inglés), es una solución orientada a vehículos de grandes dimensiones, cuyo campo visual puede ser más reducido. Detecta en tiempo real a peatones, ciclistas y otros objetos en movimiento, dentro de las zonas de visibilidad reducida del

vehículo, a través del procesado de imágenes con inteligencia artificial avanzada. Cuando la persona u objeto se mueven dentro de la zona de seguridad del vehículo, el sistema envía una señal visual y acústica al conductor, alertando de la presencia de un objeto en el ángulo muerto.

- La Monitorización Facial del Conductor (Driver Status Monitor o DSM por sus siglas en inglés) tiene un gran número de aplicaciones. La inteligencia artificial detecta distracciones por parte del conductor, si por ejemplo alguien está fumando, utilizando el teléfono, o presenta signos de somnolencia. Esta solución, aparte de monitorizar y registrar las señales de distracción, alerta al conductor sobre la incidencia al activar una alarma acústica y lumínica. Estas incidencias quedan registradas en un servidor para su posterior evaluación.
- El sistema Azimut 360 funciona con una serie de cámaras colocadas alrededor del vehículo. Cada una de estas cámaras recogen una gran cantidad de información que es transmitida al conductor prácticamente en tiempo real, dándole una visión periférica de lo que sucede alrededor del vehículo. El sistema es de gran ayuda a la hora de conducir en la oscuridad (gracias a su visión nocturna), facilita mucho las maniobras, y ayuda a evitar las colisiones.
- Uso de una herramienta capaz de almacenar y gestionar toda la información generada por estos sistemas de seguridad. En el momento en el que se registra una incidencia, es importante tener analíticas de dónde, en qué momento y bajo qué circunstancias ocurre el hecho. La plataforma de gestión Azimut BusBrain permite visualizar, en tiempo real cada uno de los vehículos de la flota, ver su ubicación, saber a qué velocidad se desplaza, conocer lo que sucede dentro y fuera del vehículo, así como las incidencias que han ocurrido en ese vehículo.

En este artículo, los autores hacen la propuesta de crear una red de autobuses autónomos que a través de la inteligencia artificial provocando una mejoría en la circulación de vehículos en el Estado de Querétaro. Parte de la inteligencia artificial a implementar en los autobuses de Querétaro sería el sistema Azimut 360 que pone cámaras alrededor del vehículo recogiendo información en tiempo real. La propuesta en sí consiste en hacer rutas de transporte autónomo que recorran las avenidas más transitadas de la ciudad que son la Avenida 5 de Febrero y parte del Centro Histórico de la ciudad para llegar al otro extremo a la Terminal de autobuses. La línea sería complementaria al sistema existente de transporte público y usaría un carril exclusivo para una mejor prevención de accidentes. La propuesta se haría al municipio de Querétaro para hacer el autobús autónomo parte de

su flota. En base a cálculos hechos a partir del inicio de la implementación de autobuses autónomos en Tokio y Singapur y ajustados a la ciudad de Querétaro, el tráfico disminuiría con un 10-15% gracias al uso de la ruta y prevendría al menos 10% de los accidentes viales con peatones.

Las ciudades inteligentes han sido un gran logro de la humanidad que ha ayudado a mejorar la vida humana en muchos lugares del mundo gracias a la inteligencia artificial. Varias áreas de las ciudades y la vida de cada individuo han cambiado mucho con la implementación de la misma. En conclusión, la Inteligencia Artificial está desempeñando un papel cada vez más importante en el transporte, impulsando la optimización, la eficiencia y la rentabilidad en las operaciones logísticas. Desde la optimización de rutas y la gestión de flotas hasta el seguimiento en tiempo real y la mejora de la seguridad, la IA ofrece soluciones innovadoras para los desafíos del transporte. Las otras áreas mencionadas en este artículo como la energía renovable, el uso de internet y las empresas internacionales también han mejorado mucho gracias al uso de la inteligencia artificial, convirtiendo las ciudades en *Smart cities* en más y más lugares del mundo. La inteligencia artificial tiene sus ventajas, pero también claramente inconvenientes de su uso como: desplazamiento de empleos, problemas de privacidad y seguridad y dependencia tecnológica - Sin embargo, se ha comprobado que su mayor uso en la vida humana la ha estado mejorando mucho comparándola con las décadas pasadas y se espera que siga aumentando las oportunidades de desarrollo y bienestar en los próximos años.



REFERENCIAS

- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017).** Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. En *2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 3848-3855). IEEE.
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011).** Smart cities in Europe. Routledge.
- D. El-Baz and J. Bourgeois. (2015).** Smart cities in Europe and the alma logistics project. *ZTE Commun.*, vol. 13, no. 4, pp. 10–15.
- D. Evans. (2011).** The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. [Online]. Available: http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf
- García, A., & Pérez, M. (2019).** Desarrollo de infraestructuras en ciudades inteligentes. *Revista de Urbanismo*, 15(2), 45-60.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007).** Smart cities: Ranking of European medium-sized cities. Final Report.
- Gillis, A. S. (2023).** Internet of things (IoT). IoT Agenda. <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>
- H. V. K. K. M. T. e. a. O. Vermesan, M. Harrison. (2009).** The Internet of Things - Strategic Research Roadmap. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things*.
- Instituto de Ciudades Inteligentes. (2021).** *Informe sobre Tendencias Actuales en Ciudades Inteligentes*. Instituto de Investigación Urbana.
- J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami. (2013).** Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” Future Gener. *Comput. Syst.*, vol. 29, pp. 1645–1660.
- J. Yang, Y. Han, Y. Wang, B. Jiang, Z. Lv, H. Song. (2020).** Optimization of real-time traffic network assignment based on IoT data using DBN and clustering model in smart city. *Future Generation Computer Systems*. 108 976 – 986.
- L. U. Khan, I. Yaqoob, N. H. Tran, S. M. A. Kazmi, T. N. Dang, C. S. Hong. (2020).** Edge-computing-enabled smart cities: A comprehensive survey, *IEEE Internet of Things Journal* 7 (10) 10200–10232.
- N. C. Luong et al. (2016).** Data collection and wireless communication in the Internet of Things (IoT) using economic analysis and pricing models: A survey. *IEEE Commun. Surveys Tuts.*, vol. 18, no. 4, pp. 2546–2590.
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011).** Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *The Information Society*, 27(4), 281-293. <https://doi.org/10.1080/01972243.2011.583819>
- R. Petrolo, V. Loscrì, and N. Mitton. (2017).** Towards a smart city based on a cloud of things, a survey on the smart city vision and paradigms. *Trans. Emerg. Telecommun. Technol.*, vol. 28, no. 1, Art. No. e2931.

- Rodríguez, L., & López, P. (2018).** Tecnologías emergentes en el diseño de ciudades inteligentes. En *Congreso Internacional de Urbanismo Sostenible* (pp. 120-135). Universidad XYZ.
- Smith, J. (2020).** *Ciudades Inteligentes: Conceptos y Desarrollo*. Editorial ABC.
- V. Fernandez-Anez. (2016).** Stakeholders Approach to Smart Cities: A Survey on Smart City Definitions. *Cham, Switzerland: Springer*, pp. 157–167. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-39595-1_16.

