



CIUDADES INTELIGENTES: UNA REVISIÓN DE TENDENCIAS TECNOLOGICAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN

SMART CITIES: A REVIEW OF TECHNOLOGICAL TRENDS FOR THEIR IMPLEMENTATION

Geryk A. Nuñez F.
AIRTECK
gerykale@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo definir las tendencias tecnológicas para la implementación de ciudades inteligentes, tales como, servicios a implementar, conceptos de tecnología y protocolos, el cual está sustentado en autores como Anaya (2017), Cabello (2022), entre otros. La metodología fue de tipo documental, descriptivo; con un diseño transaccional y bibliométrico. La población estuvo conformada por artículos previamente publicados en bases de datos documentales, investigaciones de maestría previamente publicadas y artículos de técnicos de empresas internacionales de la cual se tomó una muestra de cinco (05) investigaciones. Se empleó como instrumento de recolección de datos las matrices de análisis. En los resultados se observa la caracterización de las tendencias para la implementación de ciudades inteligentes, tales como, el uso de protocolos, estándares o lenguajes de programación abiertos como lo pueden ser MQTT, Python o las redes definidas por software. Como también se definieron servicios críticos para el desarrollo de ciudades inteligentes como lo son la seguridad ciudadana, control del tránsito masivo, monitoreo de transporte público, entre otros. Por último, se definió la importancia de las redes inteligentes o Smart Grid dentro del desarrollo y planificación de las ciudades inteligentes, debido a su impacto económico, ambiental y monetario para la plataforma. Concluyendo que las ciudades inteligentes tienen como objetivo principal optimizar la calidad de vida de sus habitantes de la mano de las TIC, se debe considerar la inclusión de protocolos y estándares de código abierto y la inclusión de redes inteligentes es necesario para la optimización del funcionamiento de las mismas.

Palabras Clave: Automatización, Ciudades inteligentes, Internet de las cosas, Tecnologías de la información, Urbotica.

ABSTRACT

The objective of this work was to define the technological trends for the implementation of smart cities, such as services to be implemented, technology concepts and protocols, which is supported by authors such as Anaya (2017), Cabello (2022), among others. The methodology was documentary, descriptive; with a transactional and bibliometric design. The population was made up of articles previously published in documentary databases, previously published



priority investigations and articles by technicians from international companies from which a sample of five (05) investigations was taken. The analysis matrices were used as a data collection instrument. The results show the characterization of the trends for the implementation of smart cities, such as the use of protocols, standards or open programming languages such as MQTT, Python or software-defined networks. Critical services for the development of smart cities were also defined, such as citizen security, mass transit control, public transport monitoring, among others. Finally, the importance of smart grids or Smart Grids within the development and planning of smart cities was defined, due to their economic, environmental and monetary impact for the platform. Concluding that the main objective of smart cities is to optimize the quality of life of its inhabitants through ICT, the inclusion of open source protocols and standards should be considered, and the inclusion of smart networks is necessary to optimize the operation of the same

Keywords: automation, Information technologies, Internet of things, Smart cities, Urbotica.

INTRODUCCION

En las últimas décadas, las ciudades han experimentado un rápido crecimiento y transformación debido a la urbanización acelerada y la adopción de tecnologías avanzadas. La implementación de soluciones tecnológicas en las ciudades ha dado lugar al concepto de "ciudades inteligentes" o "smart cities", que se refiere a una ciudad que utiliza tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos y la eficiencia de sus servicios.

La implementación de ciudades inteligentes se ha convertido en una tendencia mundial, y muchas ciudades en todo el mundo están adoptando tecnologías avanzadas para mejorar la gestión de recursos y la calidad de vida de sus habitantes. La implementación de soluciones tecnológicas en las ciudades puede abarcar desde la gestión de residuos hasta el transporte y la seguridad.

Podemos decir que a finales de la década de los años noventa (90), muchas de las ciudades tradicionales más representativas del planeta se encontraban colapsadas en puntos como transporte, servicios de urbanismo, servicios de seguridad, entre otros. Por lo que se vieron en la obligación de Buscar alternativas tecnológicas para solventar esas necesidades, aunque debido a las limitantes de la época, como lo fueron el tamaño de los anchos de banda disponible para comunicaciones, la inestabilidad de los enlaces, no se encontraban disponibles lenguajes de programación ni hardware compatible con los requerimientos del momento, el avance de épocas anteriores había sido menos acelerado que en la actualidad con la inclusión de los factores antes mencionados, permitiendo de esta manera que la automatización de las ciudades se lograra, convirtiéndose esta tendencia en ciudades inteligentes, la cual, es una rama de la urbotica.

Por lo que en esta investigación se definió parte de los conceptos básicos para la implementación de ciudades inteligentes, se definieron tendencia



aplicadas en múltiples ciudades del mundo, las cuales, ya han implementado esta corriente de la urbotica. Además de dar un juicio sobre dichas tendencias y su aplicación dentro del desarrollo de estas.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que el objetivo del presente estudio, se considera una investigación de tipo descriptiva debido a que se refiere a la descripción de algún objeto, suceso o fenómeno. Sin embargo, se puede realizar la modificación de alguno de los valores relacionados de los mimos, Tamayo y Tamayo (2011); documental, Arias (2016), debido a que la recolección de datos de la presente investigación fue a través de investigaciones, hojas blancas, manuales y documentos gubernamentales que rigen las leyes de ciudades donde se encuentran implementados el concepto de ciudades inteligentes. Por último, contó con un diseño de investigación no experimental, transeccional, Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2018) y bibliométrico (Torres-Salinas, D., Robinson-García, N., & Jiménez-Contreras, E. (2017).

Continuando con la idea del párrafo anterior, esta investigación se define dentro del marco no experimental transeccional, debido a que la misma no busca modificar la realidad de la variable de estudio, es decir, solo tiene el propósito de caracterizar las tendencias tecnológicas para las ciudades inteligentes.

La investigación se define como documental debido a que se basa en el análisis de documentos y fuentes escritas para responder a preguntas de investigación o examinar un problema, como fue en el caso de la presente investigación el análisis de las tendencias tecnológicas para la implementación de ciudades inteligentes. Los documentos pueden ser de distintos tipos, como libros, artículos, informes, tesis, documentos gubernamentales, entre otros. Es una técnica de investigación muy útil cuando se requiere analizar información ya existente y se busca reducir el costo y tiempo que implicaría recopilar datos nuevos. Además, la investigación documental puede ser muy útil para identificar patrones y tendencias a lo largo del tiempo, para examinar cómo se ha abordado un problema en el pasado, o para comparar distintas perspectivas o enfoques. En resumen, la investigación documental es una técnica de investigación esencial en muchas disciplinas, que permite la identificación, selección, análisis y síntesis de información existente para responder preguntas de investigación.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

El análisis de los resultados de la investigación sobre las tendencias de las ciudades inteligentes permite caracterizar el diseño tecnológico y estrategias que se están utilizando actualmente para mejorar la calidad de vida en las ciudades. A través de la revisión de la literatura y la recopilación de datos, los autores pueden identificar patrones y tendencias en la implementación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en ciudades de todo el mundo. Al analizar los resultados, los autores pueden identificar los enfoques más efectivos para la implementación de tecnologías en la gestión de los servicios urbanos, como el



transporte, la energía, el agua y la seguridad ciudadana. Además, el análisis de los resultados puede proporcionar una visión más clara de las oportunidades y desafíos que plantea la implementación de tecnologías en las ciudades, lo que puede ayudar a guiar la investigación futura y la toma de decisiones en el diseño de ciudades más inteligentes y sostenibles.

Tecnologías de la información (TIC)

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2017), "las TIC se refieren al conjunto de tecnologías que se utilizan para procesar, almacenar y difundir información en forma de voz, imagen y datos a través de redes de telecomunicaciones". De manera adicional para De la Torre, Barrio y García (2017), las describen de la siguiente manera "las TIC se refieren a un conjunto de herramientas tecnológicas que facilitan el acceso, la gestión y el intercambio de información a través de medios electrónicos". Y por último para Yoo y Lee (2017), "las TIC son un conjunto de tecnologías y aplicaciones que permiten la creación, el almacenamiento, la transmisión, el procesamiento y el acceso a la información en múltiples formas y formatos".

Ciudades inteligentes

En palabras de Giffinger, Fertner, Kramar, Kalasek, Pichler-Milanovic y Meijers (2015), "las ciudades inteligentes son aquellas que utilizan tecnologías y servicios de la información para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, reducir costos y consumo de recursos, y engendrar una economía más innovadora y competitiva" y de igual forma Caragliu, Del Bo y Nijkamp (2015), las definen de la siguiente manera "una ciudad inteligente es una ciudad innovadora que utiliza las TICs (Tecnologías de la Información y la Comunicación) y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia de las operaciones urbanas, y los servicios y productos de la ciudad, así como para involucrar a más activamente a los ciudadanos en la toma de decisiones".

Sistemas de generación distribuida

Según la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (2019) se considera generación distribuida a la energía eléctrica generada mediante fuentes de energía renovable, en el punto de consumo, y por los mismos usuarios que se encuentran conectados a la red eléctrica de distribución.

Redes inteligentes (Smart Grids)

Para Gomez, Hernandez y Rivas (2017) se definen como "Smart significa inteligente, que funciona en la automatización; Grid, hace referencia a la red eléctrica; una red de líneas de transmisión, subestaciones, transformadores y de

más elementos que proveen electricidad desde la planta de energía a los usuarios finales".

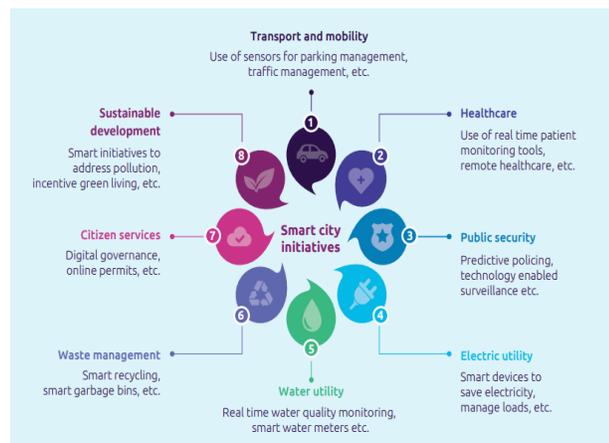
Edificios inteligentes

Según la compañía Honeywell se considera como edificio inteligente "aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort". Mientras que para AT&T "Un edificio es inteligente cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, sean inherentes en el diseño y administración del edificio". En otro orden de ideas Casini (2016) se refiere a los edificios inteligentes de la siguiente manera "en líneas generales a la presencia en el interior del edificio de elementos más o menos complejos. Sistemas de gestión de edificios, proporcionando sistemas y controles activos que permiten la acción motorizada de funciones y aparatos subordinados específicos"

Servicios principales para la implementación de ciudades inteligentes

Según Capgemini (2021) algunos de los servicios principales que se deben automatizar para la implementación de ciudades inteligentes en la actualidad son los siguientes: Servicios ciudadanos, Desarrollo sustentable, Transporte publico, Servicio eléctrico, Seguridad publica, Servicios médicos Y los Servicios relacionados con el tratado y distribución de agua.

Figura 01. Servicios por considerar para la implementación de ciudades inteligentes.



Fuente: Capgemini (2021)

Figura 02. Servicios por considerar para la implementación de ciudades inteligentes.



Fuente: Vega (2017)

Sin embargo, para la implementación de ciudades inteligentes se deben contar con la optimización de diseños de redes de comunicación de datos y anchos de banda disponibles para la transmisión masiva de información a través de todos los servicios desplegados en la misma. A continuación, se anexa una tabla informativa sobre velocidades promedio y despliegue de abonados en ciertas ciudades de Latinoamérica, todo esto con la finalidad de generar una estadística para cuantificar el posible avance de esta corriente.

Tabla 01. Evaluación de conexiones de internet.

Pais	Ciudad	Poblacion	Accesofijo a internet cada 100 hogares	Velocidad promedio de descarga (Mbps)
Argentina	Buenos Aires	3.1M	108	73
Colombia	Bogota	7.4M	81	70
Brasil	Sao Paulo	12.4M	90	93
Mexico	Ciudad de Mexico	9.2M	100	65

Fuente: Propia autoría (2023)

Todo esto logro demostrar la primera tendencia, la cual, es la conectividad como una condición necesaria. Siendo así como las ciudades inteligentes usan infraestructura de conectividad, sensores y dispositivos interconectados distribuidos en el ambiente, centros integrados de operación y control. De esta



manera Cabello (2022) comenta sobre el internet de las cosas como medida tecnológica necesaria para la implementación de estas “el internet de las cosas, como gran demandante de la conectividad que requieren las concentraciones urbanas, y como gran generador de datos, juega un papel fundamental en el desarrollo de ciudades inteligentes para la toma de decisiones a partir de la recolección de evidencia”.

En el mismo orden de ideas, las ciudades inteligentes están equipados con sensores, los dispositivos capturan los datos que las personas podrían ver, oír o percibir. Luego comparten los datos según parámetros preestablecidos y son analizados para la automatización de acciones. Según las estimaciones de GSMA Intelligence, la región de Bouskela poseía más de 680 millones de conexiones totales a fines de 2020 y las estimaciones esperan a que llegue a 1.2 mil millones para 2025.” Continuando con esta idea, se puede describir los siguientes puntos clave para la implementación de ciudades inteligentes: El uso de frecuencias mayores a 6 GHz donde la propagación limita el tamaño de las celdas, el uso de espectro compartido, no licenciado (o libre) el cual requiere menor potencia (LTELAA, CBRS, Wi-Fi 6), las áreas de alta densidad y demanda de tráfico (estadios, estaciones de tren, aeropuertos), el despliegues más escalables realizados con personal relativamente menos calificado, las PyMES que requieran cobertura interna montada por ellos mismos y la Extensión de la cobertura rural para cubrir espacios.

Como segunda tendencia se definió el uso de “Open Data y big data”, los cuales, son conceptos referentes al origen y el tamaño de los datos. Por lo que Anaya (2017) explica su funcionamiento dentro de soluciones para ciudades inteligentes de la siguiente manera “las ciudades inteligentes o smart cities buscan optimizar sus procesos con el objetivo de mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos, mediante la recopilación de datos y utilizando dispositivos de software y hardware —por ejemplo, cámaras de video, sensores y smartphones—. De esta manera, el Gobierno puede identificar los posibles problemas que se encuentran en alguna sociedad en particular e incluso adelantarse a situaciones que se pueden convertir en caos”.

Basándonos en estas premisas se definieron unos principios para implementar los servicios de Open Data en ciudades inteligentes tales como:

Los datos almacenados deben ser de carácter libre o público a los ciudadanos que lo necesiten, todo esto en acceso en tiempo real. Sin embargo, se necesitan restricciones en ciertos valores tales como cuentas bancarias, identidades, etc. Para salvaguardar integridad de la persona.

Los datos almacenados son distribuidos libremente, es decir, sin ningún tipo de licenciamiento necesario para la adquisición o almacenamiento de estos, lo cual, permite a los gobernantes disminuir el costo de plataformas tecnológicas, además de poder customizar o editar sus herramientas de plataforma al gusto o necesidad que requieran en el momento.

Los datos deben estar estructurados para permitir su procesamiento además de ser distribuidos con celeridad, todo esto con la finalidad de preservar el valor de los datos almacenados.



Continuando con la idea del párrafo anterior tenemos como tercera tendencia para ciudades inteligentes la implementación de gestión del tráfico como lo describe Cabello (2022), se destacan iniciativas vinculadas a la inteligencia artificial y el internet de las cosas para gestionar mejor el tráfico logrando así optimizar los tiempos de traslado de los ciudadanos de la misma, logrando así disminuir los embotellamientos por horas pico, optimizando los retrasos en horas laborales por temas de transporte, etc. Todo esto de la mano con la tecnología de la información (TIC) y lenguajes de programación como lo son Python, el cual, está orientado a los procesos de automatización o internet de las cosas (IoT).

Por último, se define el éxito de las ciudades inteligentes con el porcentaje de felicidad o confort de los habitantes de las mismas, el cual, según la transnacional CAPGEMINI entregó el resultado de su artículo, con un 73% de aceptación por parte de los habitantes de dichas ciudades, como también nos mostró ciertos indicadores por los cuales una persona puede dejar una ciudad, siendo así: Transporte 38%, Problemas de seguridad pública 40% y el alto costo de la vida 52%. Siendo así gran parte de estos problemas siendo atacados y solventados por la implementación de ciudades inteligentes en la actualidad.

Tabla 02. Matriz operacional de análisis de las fuentes consultadas.
Fuente: Propia autoría (2023)

Item	Descripcion	Enlace	Aporte
1	Cappgemini (2021) STREET SMART: PUTTING THE CITIZEN AT THE CENTER OF SMART CITY INITIATIVES.	Disponible: https://www.cappgemini.com/insights/research-library/street-smart-2/	<ul style="list-style-type: none"> •Valores estadísticos del desarrollo de las ciudades inteligentes •Servicios importantes de automatizar para la implementación de ciudades inteligentes
2	Cabello (2022) El camino de desarrollo de las ciudades inteligentes (Documento en línea).	https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48000/1/S2200488_es.pdf	<ul style="list-style-type: none"> •Valores estadísticos del desarrollo de las ciudades inteligentes •Importancia de conceptos como Open Data y Big Data en el desarrollo de ciudades inteligentes debido a su gran manejo de datos. •Manejo de las TIC para la implementación de servicios como control de tránsito masivo, digitalización de trámites, monitoreo del transporte público, control digital de alumbrado urbano, sensores y cámaras para la seguridad ciudadana, etc.
3	Martínez-Toro (2020) Smart City, tendencias y evolución: Un análisis bibliométrico (Documento en línea).	https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/smart_city_tendencias_y_evolucion_un_analisis_bibliometrico/2354	<ul style="list-style-type: none"> •Destaca la importancia de la implementación de redes definidas por software (SDN) en las plataformas de ciudades inteligentes, debido a su bondad de dividir los planos de control y el plano de datos de los equipos de la red, lo cual, permite que se pueda orquestar o dirigir a total voluntad el flujo de información que viaja sobre nuestra red. Además de poder orientarlo hacia los servicios específicos que se necesite en el momento en tiempo real, como también permite la fácil modificación de configuraciones y gestión en redes muy extensas.
4	Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (2019) INTRODUCCIÓN A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍAS RENOVABLES.	https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/introduccion-a-la-generacion-distribuida-de-er.pdf	<ul style="list-style-type: none"> •El aporte de este artículo va orientado hacia las redes inteligentes de la industria eléctrica o Smart Grid, los cuales, una vez implementadas en ciudades inteligentes permiten la optimización de los recursos de dicha industria, por lo que de igual forma se ve beneficiado el rendimiento de la misma. De igual forma los costos anuales de mantenimiento de la misma suelen reducirse.
5	Nevárez-Toledo (2020) Redes Inteligentes y Energías Renovables	https://orcid.org/0000-0001-5628-3351	<ul style="list-style-type: none"> •Ayuda a definir sobre los protocolos utilizados en redes inteligentes o Smart grids, como también en su implementación en redes full mesh. Así como también su implementación en redes de fibra óptica actuales.

CONCLUSIONES

La presente investigación arroja como resultado que, para la implementación de ciudades inteligentes, es necesario una serie de requerimientos para el correcto funcionamiento de esta. A continuación, se describen los puntos anteriormente mencionados:

El objetivo de las ciudades inteligentes está en optimizar la calidad de vida de los ciudadanos que viven en ella, todo esto de la mano de la tecnología de la información (TIC). De esta manera abarcando servicios como salud, transporte urbano, sistemas eléctricos, servicios urbanos, tratamiento de agua, entre otros ya descritos durante la investigación.

Es necesaria la implementación de soluciones sin licenciamiento, tales como, MQTT, Python, distribuciones de Linux, etc. Debido a que de primera forma ayuda a disminuir el costo de licenciamiento en macro plataformas, de segunda forma se debe tener en cuenta el dinamismo de soluciones implementadas en



ciudades inteligentes deben ser capaz de adaptarse a los casos puntuales de cada uno de los escenarios presentados, que, en el mayor de los casos, debido a asuntos legales, técnicos, geográficos, etc. No tienden a ser iguales en cada uno de ellos. Por último, podemos acotar que los softwares abiertos permiten la integración con múltiples herramientas licenciadas o no debido a que pueden ser customizadas para que las mismas puedan convivir.

La implementación de redes inteligentes (Smart Grids) es una práctica que está ganando mucho terreno en las ciudades inteligentes, debido a la regulación automática de los servicios de la industria eléctrica, pudiendo así poder tener un mejor uso de recursos, lo cual, extiende el tiempo de vida de los equipos y disminuye los costos de manufactura para los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Martinez-Toro (2020) Smart City, tendencias y evolución: Un análisis bibliométrico (Documento en línea). Disponible: https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/smart_city_tendencias_y_evolucion_un_analisis_bibliometrico/2354

Cabello (2022) El camino de desarrollo de las ciudades inteligentes (Documento en línea). Disponible: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48000/1/S2200488_es.pdf

Mitchel (2007) Ciudades inteligentes (Documento en línea). Disponible: <https://www.uoc.edu/uocpapers/5/dt/esp/mitchell.pdf>

Tamayo y Tamayo, M. (2011). El proceso de la Investigación Científica. Tercera Edición. Editorial Limusa, S.A. México

Hernández, Fernández y Baptista (2015). Metodología de la investigación, quinta edición Mc Graw Hill.

Capgemini (2021) STREET SMART: PUTTING THE CITIZEN AT THE CENTER OF SMART CITY INITIATIVES. Disponible: <https://www.capgemini.com/insights/research-library/street-smart-2/>.

Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (2019) INTRODUCCIÓN A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍAS RENOVABLES. Disponible: <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/introduccion-a-la-generacion-distribuida-de-er.pdf>.

Nevárez-Toledo (2020) Redes Inteligentes y Energías Renovables Disponible: <https://orcid.org/0000-0001-5628-3351>.



Universidad Católica de Colombia Open data y big data: herramientas de software para ciudades inteligentes Disponible:
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/33292fe0-8cd4-488d-8afb-de7192c3b832/content>

Casini M. (2016) Smart Buildings Advanced Materials and Nanotechnology to Improve Energy-Efficiency and Environmental Performance.

Cuevas-Molano, E., Sánchez-Cid, M. & Matosas-López, L. (2019) Análisis bibliométrico de estudios sobre la estrategia de contenidos de marca en los medios sociales

Arias F. (2016) El proyecto de investigación

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2018). Metodología de la investigación

Torres-Salinas, D., Robinson-García, N., & Jiménez-Contreras, E. (2017). La investigación bibliométrica y la evaluación de la actividad científica