



Conectando el Futuro: Ciudades Inteligentes, IoT y la Transformación de la Sociedad Urbana

Ignacio Rodríguez Rodríguez
María Campo Valera
Víctor Calderón Fajardo

umaeditorial 
Universidad de Málaga



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

© Los autores 2023,

© UMA Editorial. Universidad de Málaga

Bulevar Louis Pasteur, 30 (Campus de Teatinos)

29071 - Málaga

www.umaeditorial.uma.es

Primera edición, 2023

I.S.B.N.: 978-84-1335-257-2



Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons:

Reconocimiento - No comercial - SinObraDerivada (cc-by-nc-nd): <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Índice

1. Introducción.....	1
1.1. Definición de una ciudad inteligente.....	1
1.2. Antecedentes históricos de las ciudades inteligentes.....	3
1.3. Situación mundial actual respecto a las ciudades y la necesidad de su transformación	4
2. Conceptos clave de una ciudad inteligente	6
2.1. Qué hace una ciudad inteligente.....	6
2.2. Sistemas clave de una ciudad inteligente (energía, transporte, seguridad, medio ambiente, servicios públicos)	7
2.3. Desarrollo de una ciudad inteligente.....	11
2.4. Beneficios de una ciudad inteligente.....	14
3. Tecnologías clave para las ciudades inteligentes.....	17
3.1. Internet de las cosas (IoT).....	19
3.2. Sensores y comunicaciones	22
3.3. Inteligencia artificial (AI).....	25
3.4. Big data y análisis de datos	26
3.5. Blockchain	30
4. Casos prácticos de ciudades inteligentes.....	33
5. Economía y empresas en las ciudades inteligentes.....	37
5.1. Innovación empresarial y emprendimiento	37
5.2. Turismo y cultura en las ciudades inteligentes	40
5.3. Industria 4.0 y transformación digital	42
5.4. Empleo y trabajo en las ciudades inteligentes.....	44
6. Educación, sanidad, política, legislación y normativa adaptada.....	47
6.1. La educación en las ciudades inteligentes.....	47
6.2. La sanidad y la atención médica en las ciudades inteligentes	50
6.3. Políticas y regulaciones necesarias para las ciudades inteligentes.....	53
6.4. Aspectos legales y de privacidad en las ciudades inteligentes.....	55

7. Desafíos y riesgos de las ciudades inteligentes	58
7.1. Privacidad y seguridad	58
7.2. Ética y responsabilidad.....	60
7.3. Retos de la sostenibilidad.....	61
7.4. Cambio climático y resiliencia	64
8. Perspectivas futuras y el papel de la ciudadanía	67
8.1. Retos y oportunidades para las ciudades inteligentes	67
8.2. El papel de la ciudadanía en la transformación de las ciudades	69
8.3. Cómo se están desarrollando las ciudades del futuro.....	71
9. Conclusiones.....	74
9.1. Recapitulación de los principales aspectos de las ciudades inteligentes y su relación con IoT.....	74
9.2. Perspectivas futuras y desafíos a afrontar	76
Referencias	79

1. Introducción

1.1. Definición de una ciudad inteligente

Una ciudad inteligente, conocida como "smart city" por su traducción en inglés, se refiere a un modelo de desarrollo urbano que integra soluciones tecnológicas y digitales para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, optimizar la eficiencia en el uso de recursos y fomentar la sostenibilidad (Caragliu & Del Bo, 2020). Estas soluciones se aplican en diversos ámbitos, como energía, transporte, seguridad, medio ambiente y servicios públicos, entre otros, y se basan en la colaboración entre ciudadanos, empresas y gobiernos para lograr un impacto positivo en la sociedad.

La figura 1 ilustra una representación gráfica de una ciudad inteligente que incorpora una serie de soluciones y servicios innovadores para optimizar la eficiencia energética, la movilidad y la vida cotidiana de sus habitantes. En el dibujo, se pueden observar edificios de diseño sostenible y ecológico, integrados con paneles solares y sistemas de ahorro energético, que reducen la demanda de energía y promueven la autosuficiencia. El transporte eficiente se representa mediante una red de vehículos eléctricos y autónomos, así como carriles para bicicletas y sistemas de transporte público de bajas emisiones, lo que disminuye la congestión y mejora la calidad del aire. En relación al teletrabajo, se aprecian espacios verdes y zonas de coworking al aire libre que fomentan la colaboración y la flexibilidad laboral. Las compras "smart" se visualizan a través de tiendas con tecnología de reconocimiento facial y pago

automático, lo que permite una experiencia de compra más rápida y cómoda. Por último, la industria 4.0 se muestra mediante fábricas automatizadas y conectadas digitalmente, que optimizan los procesos de producción, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia global de la ciudad. En conjunto, esta figura 1 destaca cómo la integración de tecnologías avanzadas puede transformar la vida urbana y crear entornos más sostenibles y habitables.



Figura 1. Ciudad inteligente. Obtenida de pixabay.com. Creative Commons.

El concepto de ciudad inteligente va más allá de la simple implementación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la infraestructura urbana, sino que abarca la aplicación de sistemas y enfoques innovadores para abordar los desafíos urbanos contemporáneos y futuros, como el crecimiento demográfico, la urbanización, el cambio climático y la escasez de recursos (Batty y otros, 2012).

La definición de una ciudad inteligente puede variar según el contexto geográfico, cultural y político, así como según los objetivos y necesidades específicas de cada comunidad (Kominos, 2014). Sin embargo, en general, una ciudad inteligente se caracteriza por su capacidad para utilizar la tecnología y los datos de manera efectiva y eficiente para mejorar la gobernanza, la planificación, la toma de decisiones y la prestación de servicios públicos.

Un aspecto crucial en la definición de una ciudad inteligente es la participación activa y el empoderamiento de los ciudadanos en la transformación de sus entornos urbanos. La ciudadanía desempeña un papel fundamental en la identificación de necesidades, la co-creación de soluciones y la evaluación de las intervenciones tecnológicas y políticas implementadas (Nam & Pardo, 2011).

Una ciudad inteligente es un enfoque integrador y participativo para el desarrollo urbano que utiliza la tecnología y los datos como herramientas para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, garantizar la sostenibilidad y enfrentar los desafíos urbanos presentes y futuros.

1.2. Antecedentes históricos de las ciudades inteligentes

Los antecedentes históricos de las ciudades inteligentes se remontan a varios avances tecnológicos y urbanísticos que han ido evolucionando a lo largo del tiempo. Aunque el concepto de "smart city" es relativamente reciente, la idea de utilizar tecnología y datos para mejorar la vida en las ciudades tiene sus raíces en el pasado.

Desde la antigüedad, las ciudades han sido centros de innovación y desarrollo. Los antiguos romanos, por ejemplo, construyeron un extenso sistema de acueductos para llevar agua potable a las ciudades, y en Mesopotamia se desarrollaron sistemas de riego y desagüe para mejorar la agricultura y la higiene urbana. Estos avances sentaron las bases para la planificación urbana y la infraestructura en las ciudades modernas.

En la era industrial, el crecimiento acelerado de las ciudades llevó a una mayor demanda de servicios urbanos como transporte, saneamiento y energía. A mediados del siglo XIX, las primeras redes de transporte público, como los tranvías y los trenes subterráneos, comenzaron a aparecer en ciudades como Londres y Nueva York. Al mismo tiempo, se desarrollaron sistemas de suministro de energía y agua para hacer frente a las crecientes necesidades de la población urbana.

La aparición de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el siglo XX cambió radicalmente la forma en que las ciudades funcionan y se planifican. Las TIC permitieron una mayor conectividad y comunicación entre los ciudadanos y las instituciones, lo que permitió una mayor eficiencia en la prestación de servicios y en la toma de decisiones (Batty, 2013).

El concepto de ciudad inteligente, tal como lo conocemos hoy, comenzó a tomar forma en la década de 1990 con el auge de Internet y la globalización (Hollands, 2008). Los avances en tecnologías digitales, como la banda ancha y la telefonía móvil,

permitieron a las ciudades recopilar y analizar grandes cantidades de datos para mejorar la eficiencia y la calidad de vida de sus habitantes.

En los últimos años, el desarrollo de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial y el big data han permitido un enfoque aún más integrado y eficiente en la planificación y la gestión de las ciudades inteligentes (Caragliu & Del Bo, 2020). Estas tecnologías, junto con la creciente conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad y la resiliencia, han llevado a la aparición de ciudades inteligentes en todo el mundo, desde Ámsterdam hasta Singapur.

Los antecedentes históricos de las ciudades inteligentes se pueden encontrar en los avances tecnológicos y urbanísticos que han ocurrido a lo largo de la historia, desde la antigüedad hasta la actualidad. La evolución de las TIC y el creciente enfoque en la sostenibilidad han sido factores clave en la aparición y el desarrollo de las ciudades inteligentes en el siglo XXI.

1.3. Situación mundial actual respecto a las ciudades y la necesidad de su transformación

La situación mundial actual respecto a las ciudades y la necesidad de su transformación surge de una serie de desafíos y oportunidades a nivel global. La urbanización y el crecimiento demográfico han llevado a un aumento en la concentración de la población en las áreas urbanas, lo que ha generado presión sobre los recursos naturales y la infraestructura existente. Además, las ciudades son responsables de una gran parte del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial (Hoornweg y otros, 2020). Estos desafíos, junto con la necesidad de adaptarse al cambio climático y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, han llevado a la búsqueda de soluciones innovadoras y sostenibles en la planificación y gestión de las ciudades.

El concepto de ciudad inteligente surge como respuesta a estos desafíos, con el objetivo de utilizar tecnologías de la información y la comunicación (TIC), el Internet de las cosas (IoT) y otras innovaciones para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y calidad de vida en las áreas urbanas (Caragliu & Del Bo, 2020). La transformación de las ciudades en ciudades inteligentes implica la implementación de soluciones que aborden desafíos en áreas clave, como la energía, el transporte, la seguridad, el medio ambiente y los servicios públicos.

En todo el mundo, varias ciudades están adoptando enfoques de ciudad inteligente para abordar estos desafíos. Por ejemplo, Singapur ha implementado un amplio programa de ciudad inteligente que incluye el uso de sensores y análisis de

datos para mejorar la gestión del tráfico y la eficiencia energética (Lim y otros, 2018). Otros ejemplos incluyen Barcelona, que ha implementado una serie de proyectos de IoT para mejorar la calidad del aire y la gestión de residuos (Bibri & Krogstie, 2017), y Ámsterdam, que ha fomentado la innovación y la colaboración en el ámbito de las ciudades inteligentes a través de iniciativas como la plataforma Amsterdam Smart City (De Lange & De Waal, 2017).

La necesidad de transformación de las ciudades en ciudades inteligentes también ha sido reconocida a nivel internacional. La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas incluye el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11, que busca "lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles". La adopción de enfoques de ciudad inteligente puede contribuir a la realización de este objetivo, así como a otros ODS relacionados con la energía, el medio ambiente y la equidad social.

2. Conceptos clave de una ciudad inteligente

2.1. Qué hace una ciudad inteligente

Siguiendo el enfoque propuesto por Caragliu y colaboradores en 2020, una ciudad inteligente se define por su compromiso con la incorporación y armonización de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), el Internet de las cosas (IoT), y otras innovaciones disruptivas (Caragliu & Del Bo, 2020). Todo ello con un propósito: mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la calidad de vida en los espacios urbanos.

Las ciudades inteligentes aspiran a responder a los desafíos que plantea el siglo XXI a las áreas urbanas. El crecimiento demográfico, la rápida urbanización, los efectos del cambio climático y la imperativa necesidad de una gestión de recursos más eficaz son desafíos que las ciudades inteligentes tienen como objetivo enfrentar y superar.

Una ciudad inteligente utiliza datos recopilados de diversas fuentes, como sensores, cámaras de vigilancia, dispositivos móviles y sistemas de información geográfica, para tomar decisiones informadas y eficientes en tiempo real en relación con la infraestructura y los servicios urbanos (Batty, 2013). La aplicación de la inteligencia artificial y el análisis de big data permite a las ciudades inteligentes adaptarse y responder rápidamente a las necesidades y demandas de sus

ciudadanos, así como optimizar la utilización de los recursos y reducir el impacto ambiental (Lim y otros, 2018).

Además, las ciudades inteligentes fomentan la participación ciudadana y la colaboración entre las distintas partes interesadas, como el gobierno, las empresas, las instituciones académicas y la sociedad civil. Esto permite una mayor transparencia y responsabilidad en la toma de decisiones, así como la promoción de la innovación y el emprendimiento en el ámbito urbano (De Lange & De Waal, 2017).

Una ciudad inteligente utiliza tecnologías y soluciones innovadoras para abordar los desafíos urbanos y mejorar la calidad de vida de sus habitantes, al tiempo que promueve la sostenibilidad y la resiliencia. Esto se logra mediante la integración de las TIC, el IoT y el análisis de datos en la planificación y gestión de la infraestructura y los servicios urbanos, así como fomentando la participación ciudadana y la colaboración entre las partes interesadas.

2.2. Sistemas clave de una ciudad inteligente (energía, transporte, seguridad, medio ambiente y servicios públicos)

Las ciudades inteligentes se basan en la integración de sistemas clave para mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la calidad de vida de sus habitantes. Estos sistemas incluyen la gestión de la energía, el transporte, la seguridad, el medio ambiente y los servicios públicos. A continuación, se analizarán cada uno de estos sistemas y su papel en el desarrollo de una ciudad inteligente.

La figura 2 presenta un esquema detallado de los diversos servicios que puede integrar una ciudad inteligente para mejorar la calidad de vida y la eficiencia de sus recursos. En ella, se destacan áreas como la gestión del tráfico y la movilidad urbana, donde se emplean sistemas de semáforos inteligentes, sensores y aplicaciones móviles para optimizar el flujo vehicular y ofrecer alternativas de transporte sostenible. La educación se ve potenciada por tecnologías digitales y plataformas en línea que facilitan el aprendizaje y la colaboración. La gestión de la calidad de datos y el acceso a datos abiertos son elementos clave para la toma de decisiones informadas y la transparencia gubernamental. El Internet de las cosas (IoT) conecta dispositivos y sistemas para monitorear y controlar el funcionamiento de la ciudad en tiempo real, mientras que la salud se ve beneficiada por el uso de telemedicina y aplicaciones de seguimiento. El comercio electrónico y la sostenibilidad se refuerzan mediante plataformas digitales y prácticas de negocio responsables. La gestión de recursos energéticos y la implementación de fuentes renovables permiten un uso más eficiente y limpio de la energía, mientras que la seguridad se garantiza a través de sistemas de

vigilancia y respuesta rápida. La edificación inteligente y la domótica mejoran la eficiencia energética y el confort de los habitantes, y el control de suministros asegura una distribución eficiente de recursos básicos como agua y electricidad. Finalmente, la gestión de residuos utiliza tecnologías de seguimiento, reciclaje y tratamiento para reducir el impacto ambiental y promover un entorno más limpio. En conjunto, la figura 2 muestra cómo una ciudad inteligente puede abordar múltiples aspectos de la vida urbana, promoviendo un desarrollo sostenible y equitativo.

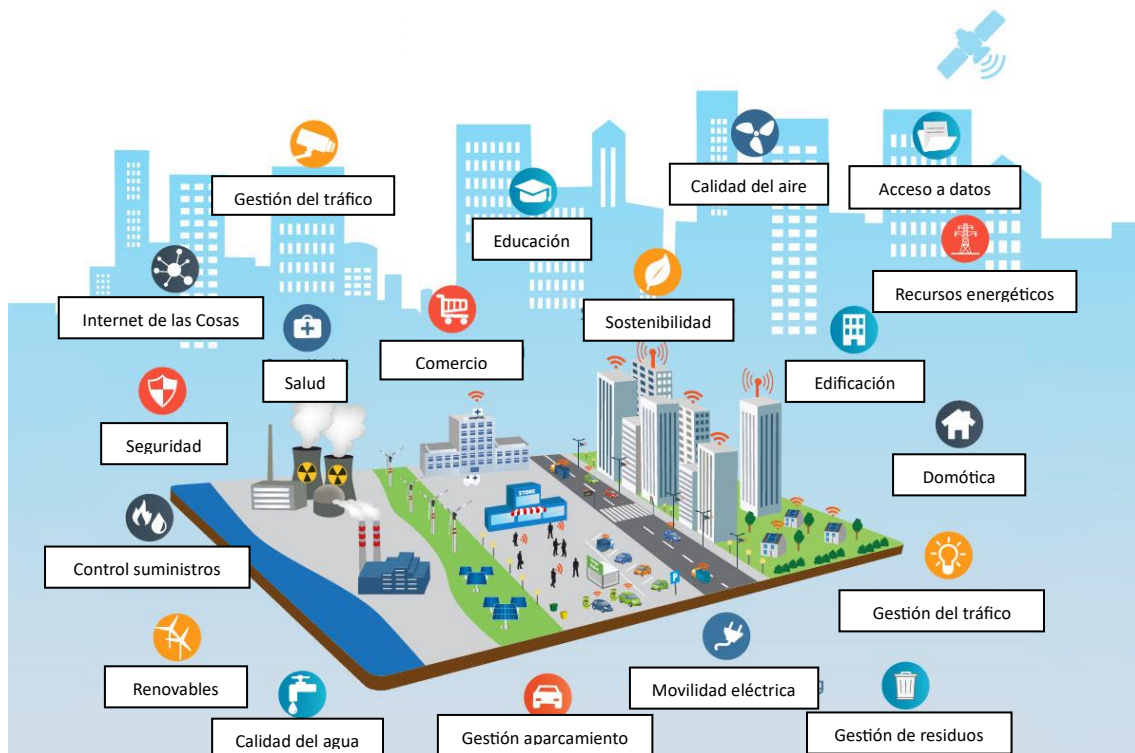


Figura 2. Servicios de una ciudad inteligente. Obtenida de pixabay.com. Creative Commons. (Modificada por los autores).

Energía

La gestión eficiente de la energía es fundamental en una ciudad inteligente. La implementación de sistemas de energía inteligente permite a las ciudades optimizar la producción, distribución y consumo de energía, reduciendo el desperdicio y los costos asociados (Mirandi y otros, 2014). Un aspecto clave en la gestión de la energía es la promoción de fuentes de energía renovable y la integración de sistemas de almacenamiento de energía, como baterías y sistemas de almacenamiento térmico, para garantizar un suministro de energía constante y sostenible (Hernández y otros, 2018).

Además, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) permiten la monitorización en tiempo real del consumo de energía en edificios y hogares, lo que facilita la identificación de oportunidades de ahorro y la implementación de medidas de eficiencia energética (Girardin y otros, 2010). Los sistemas de gestión de la demanda de energía, como la respuesta a la demanda y la tarificación dinámica, también pueden utilizarse para incentivar a los consumidores a ajustar su consumo en función de las necesidades y los precios de la energía (Palensky & Dietrich, 2011).

Transporte

El transporte es un componente esencial de la vida urbana y tiene un impacto significativo en la calidad de vida y el medio ambiente en las ciudades. Las ciudades inteligentes abordan estos desafíos mediante la implementación de sistemas de transporte inteligente (STI) que utilizan tecnologías de la información y la comunicación para mejorar la eficiencia y la seguridad del transporte (Harrison y otros, 2012).

Los STI incluyen sistemas de gestión del tráfico en tiempo real, que optimizan el flujo de vehículos y reducen la congestión y las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el uso de semáforos adaptativos, sistemas de control de acceso y gestión de la demanda de estacionamiento (Roca-Riu y otros, 2016). Además, las soluciones de movilidad compartida, como el transporte público, el uso compartido de vehículos y las bicicletas, promueven una mayor utilización de los recursos de transporte y reducen la dependencia del transporte privado (Shaheen y otros, 2012).

La implementación de vehículos eléctricos y autónomos también puede contribuir a la sostenibilidad y la eficiencia del transporte en las ciudades inteligentes. Los vehículos eléctricos reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire, mientras que los vehículos autónomos pueden mejorar la seguridad vial y optimizar la utilización de la infraestructura de transporte (Fagnant & Kockelman, 2015).

Seguridad

La seguridad es un aspecto fundamental en las ciudades inteligentes, ya que influye directamente en la calidad de vida de sus habitantes y en la percepción de bienestar. Las soluciones tecnológicas pueden ayudar a mejorar la seguridad pública y reducir la delincuencia mediante la implementación de sistemas de vigilancia, monitoreo y respuesta rápida.

Un componente clave de la seguridad en una ciudad inteligente es la utilización de cámaras de vigilancia con tecnologías avanzadas, como el reconocimiento facial y

la inteligencia artificial, para identificar y prevenir actividades delictivas (Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2018). Además, las redes de sensores y las aplicaciones de crowdsourcing (método que aprovecha la inteligencia colectiva o las habilidades de una gran comunidad de personas, generalmente a través de internet, para resolver problemas, generar ideas o realizar tareas) pueden ayudar a monitorear y responder a situaciones de emergencia, como desastres naturales y ataques terroristas, de manera más eficiente y efectiva (Tsou y otros, 2017).

La colaboración entre los organismos encargados de hacer cumplir la ley y la comunidad también es esencial para mejorar la seguridad en las ciudades inteligentes. Las plataformas de comunicación digital, como las redes sociales y las aplicaciones móviles, pueden facilitar la interacción y el intercambio de información entre los ciudadanos y las autoridades, permitiendo una mejor coordinación y una respuesta más rápida a los incidentes de seguridad (Bekkers y otros, 2013).

Medio ambiente

La sostenibilidad ambiental es un aspecto crucial en el desarrollo de una ciudad inteligente. La implementación de soluciones tecnológicas y políticas debe contribuir a reducir la huella de carbono de la ciudad y promover el uso sostenible de los recursos naturales (Bibri & Krogstie, 2017). Esto incluye la monitorización y gestión de la calidad del aire, el agua y la gestión de residuos, así como la promoción de espacios verdes y la conservación de la biodiversidad (Khan y otros, 2019).

Las tecnologías de la información y la comunicación pueden desempeñar un papel clave en la monitorización y gestión del medio ambiente en las ciudades inteligentes. Los sensores y sistemas de control remoto pueden proporcionar información en tiempo real sobre la calidad del aire, el nivel de ruido y la contaminación del agua, lo que permite a las autoridades tomar medidas adecuadas para mitigar estos problemas (Kramers y otros, 2014). Además, las aplicaciones móviles y las plataformas en línea pueden involucrar a los ciudadanos en la gestión ambiental, alentándolos a informar sobre problemas ambientales y participar en acciones de conservación.

Servicios públicos

Los servicios públicos, como la salud, la educación y el bienestar social, son esenciales para la calidad de vida en las ciudades inteligentes. Las tecnologías de la información y la comunicación pueden mejorar la eficiencia y la accesibilidad de estos servicios, proporcionando a los ciudadanos acceso a información y recursos de manera rápida y conveniente (Nam & Pardo, 2011).

En el ámbito de la salud, las ciudades inteligentes pueden adoptar soluciones de e-salud, como registros electrónicos de salud, telemedicina y aplicaciones móviles de salud, para mejorar la calidad y el acceso a los servicios de atención médica (Kouroubali y otros, 2019). Estas soluciones también pueden facilitar la monitorización y el seguimiento de enfermedades crónicas y la prevención de epidemias a través de la recopilación y análisis de datos en tiempo real (Wac, 2012).

La educación es otro pilar fundamental en una ciudad inteligente. Las tecnologías digitales pueden utilizarse para mejorar la calidad de la educación y promover el acceso a recursos educativos en línea, como cursos y materiales de aprendizaje (Zheng y otros, 2014). Además, las soluciones de aprendizaje en línea y la enseñanza a distancia pueden ofrecer a los estudiantes mayor flexibilidad y oportunidades para acceder a una educación de calidad, independientemente de su ubicación geográfica (Li y otros, 2018).

El bienestar social también puede verse impulsado por la implementación de tecnologías de la información y la comunicación en las ciudades inteligentes. Por ejemplo, las plataformas digitales pueden facilitar la comunicación entre los ciudadanos y las autoridades gubernamentales, permitiendo una mejor coordinación de los servicios sociales y la identificación de las necesidades de la comunidad (Scholl & AlAwadhi, 2016). Además, las soluciones basadas en la nube pueden mejorar la eficiencia en la gestión de programas sociales y la distribución de beneficios a los ciudadanos.

La integración de sistemas clave, como la energía, el transporte, la seguridad, el medio ambiente y los servicios públicos, es esencial para el desarrollo de ciudades inteligentes. Las tecnologías de la información y la comunicación desempeñan un papel fundamental en la optimización de estos sistemas, permitiendo una mayor eficiencia, sostenibilidad y calidad de vida para sus habitantes. A medida que las ciudades sigan evolucionando y enfrentándose a nuevos desafíos, la adopción de soluciones inteligentes y sostenibles será cada vez más importante para garantizar un futuro urbano próspero y resiliente.

2.3. Desarrollo de una ciudad inteligente

Desarrollar una ciudad inteligente implica un proceso de transformación y adaptación a las necesidades y desafíos urbanos del siglo XXI. Este proceso no es lineal ni uniforme, ya que cada ciudad tiene sus propias características, necesidades y prioridades. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estos factores para establecer una estrategia de desarrollo de ciudad inteligente adaptada a las particularidades de cada entorno urbano (Komninos, 2014).

Uno de los primeros pasos para desarrollar una ciudad inteligente es definir una visión y una estrategia clara que permita orientar el proceso de transformación. La visión debe ser compartida por todas las partes interesadas, incluyendo el gobierno local, las empresas, las instituciones académicas y los ciudadanos. Además, la estrategia debe establecer objetivos y metas específicas que guíen la implementación de las soluciones tecnológicas y políticas necesarias para alcanzar la visión (Caragliu & Del Bo, 2020).

La planificación y el diseño urbano son aspectos fundamentales en el desarrollo de una ciudad inteligente. Un enfoque integral y holístico de la planificación urbana permite considerar las interacciones y sinergias entre los diferentes sistemas y actores urbanos, así como identificar áreas de intervención prioritarias y oportunidades de mejora (Batty y otros, 2012). La planificación urbana inteligente se basa en la utilización de datos y tecnologías de la información y la comunicación para apoyar la toma de decisiones y la evaluación de las intervenciones en tiempo real.

La implementación de infraestructuras y sistemas tecnológicos es otro aspecto clave en el desarrollo de una ciudad inteligente. Esto incluye la instalación de sensores y dispositivos IoT para recopilar y transmitir datos en tiempo real, la creación de plataformas de análisis de datos y la aplicación de soluciones de inteligencia artificial y aprendizaje automático para optimizar la gestión de recursos y la prestación de servicios (Bibri & Krogstie, 2017). Además, las infraestructuras tecnológicas deben ser flexibles y escalables para adaptarse a las necesidades cambiantes de la ciudad y facilitar la integración de nuevas soluciones y aplicaciones (Kramers y otros, 2014).

El desarrollo de capacidades y la formación de capital humano es esencial para garantizar el éxito a largo plazo de una ciudad inteligente. Las autoridades locales, las empresas y las instituciones académicas deben colaborar para promover la educación y la capacitación en habilidades digitales y tecnológicas, así como fomentar la investigación y el desarrollo en áreas relacionadas con las ciudades inteligentes (Nam & Pardo, 2011). Además, es importante desarrollar programas de formación específicos para los empleados del gobierno local y otros actores clave involucrados en la implementación de soluciones de ciudad inteligente (Anthopoulos L. , 2017).

La colaboración entre las diferentes partes interesadas es un elemento central en el desarrollo de una ciudad inteligente. Los gobiernos locales deben trabajar en estrecha colaboración con las empresas, las instituciones académicas, la sociedad civil y los ciudadanos para identificar necesidades, desarrollar soluciones y evaluar el impacto de las intervenciones tecnológicas y políticas (Giffinger y otros, 2020). Las plataformas de colaboración y co-creación, como los laboratorios urbanos o los

espacios de trabajo compartido, pueden ser herramientas valiosas para fomentar la innovación y el intercambio de conocimientos entre los diferentes actores (De Lange & De Waal, 2017).

El financiamiento es un aspecto crítico en el desarrollo de una ciudad inteligente, ya que la implementación de soluciones tecnológicas y políticas a menudo requiere inversiones significativas. Las autoridades locales pueden explorar diversas fuentes de financiamiento, incluyendo fondos públicos, inversión privada y financiamiento a través de asociaciones público-privadas (APP) (Angelidou, 2015). Además, es importante evaluar y monitorear el retorno de la inversión en proyectos de ciudad inteligente para garantizar que los recursos se utilicen de manera efectiva y eficiente (Ojo y otros, 2015).

El marco regulatorio y las políticas públicas también desempeñan un papel crucial en el desarrollo de una ciudad inteligente. Los gobiernos locales deben establecer políticas y regulaciones que faciliten y promuevan la adopción e implementación de soluciones tecnológicas, así como fomentar la innovación y el crecimiento en el ecosistema de la ciudad inteligente (Hollands, 2008). Además, es fundamental que las políticas y regulaciones estén alineadas con los objetivos y metas de la estrategia de ciudad inteligente y se adapten a las necesidades y prioridades específicas de cada entorno urbano (Anthopoulos L. , 2017).

La evaluación y el monitoreo del desempeño de una ciudad inteligente son aspectos clave para garantizar la efectividad y la sostenibilidad de las intervenciones tecnológicas y políticas implementadas (Batty y otros, 2012). Los indicadores de desempeño y las herramientas de análisis de datos pueden utilizarse para medir el progreso hacia los objetivos y metas establecidos en la estrategia de ciudad inteligente, así como para identificar áreas de mejora y ajustar las acciones y políticas en función de los resultados obtenidos (Giffinger y otros, 2020).

La inclusión y la equidad son principios fundamentales en el desarrollo de una ciudad inteligente. Es esencial garantizar que las soluciones tecnológicas y políticas implementadas beneficien a todos los ciudadanos y no contribuyan a la exclusión digital o a la brecha socioeconómica (Hollands, 2015). Esto implica diseñar intervenciones y servicios de ciudad inteligente que sean accesibles y asequibles para todos, así como promover la participación ciudadana y el empoderamiento de los grupos más vulnerables en la toma de decisiones y la co-creación de soluciones (Nam & Pardo, 2011).

La sostenibilidad ambiental es otro aspecto clave en el desarrollo de una ciudad inteligente. Las soluciones tecnológicas y políticas implementadas deben contribuir a

reducir la huella de carbono de la ciudad y promover el uso sostenible de los recursos naturales (Bibri & Krogstie, 2017). Además, es importante considerar los posibles impactos negativos de las intervenciones de ciudad inteligente en el medio ambiente y desarrollar estrategias para minimizar y mitigar estos efectos (Bibri & Krogstie, 2017).

2.4. Beneficios de una ciudad inteligente

La adopción de enfoques y tecnologías de ciudad inteligente puede generar múltiples beneficios para sus habitantes y el entorno urbano en general. Entre estos beneficios se encuentran la mejora de la calidad de vida, el aumento de la eficiencia en la prestación de servicios públicos, la promoción de la sostenibilidad ambiental y el impulso de la innovación económica.

En primer lugar, la calidad de vida de los ciudadanos se ve directamente afectada por las soluciones que se implementan en una ciudad inteligente. La optimización de la gestión del transporte, la energía, la seguridad, el medio ambiente y los servicios públicos, como se ha discutido en secciones anteriores, conduce a una mejora en la vida diaria de las personas (Chourabi y otros, 2012). Por ejemplo, la reducción de la congestión del tráfico mediante el uso de sistemas de transporte inteligente puede disminuir los tiempos de viaje y mejorar la salud y el bienestar de los ciudadanos al reducir la exposición a la contaminación atmosférica (Batty y otros, 2012).

Además, la eficiencia en la prestación de servicios públicos es un aspecto clave en una ciudad inteligente. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) permiten una mejor coordinación y comunicación entre los diferentes organismos gubernamentales y los ciudadanos, lo que facilita la toma de decisiones basada en datos y una distribución más efectiva de los recursos (Meijer & Bolívar, 2016). Esto puede traducirse en una administración pública más ágil y receptiva, capaz de satisfacer las necesidades de los ciudadanos de manera más eficiente y con menos recursos (Kummitha & Crutzen, 2017).

La sostenibilidad ambiental es otro beneficio importante que se deriva de la implementación de soluciones de ciudad inteligente. La adopción de tecnologías limpias y la promoción de prácticas sostenibles en áreas como la producción y el consumo de energía, el transporte y la gestión de residuos pueden reducir significativamente la huella de carbono de la ciudad y disminuir su impacto en el medio ambiente (Hashem y otros, 2016). Además, la monitorización en tiempo real de la calidad del aire, el agua y el suelo permite a las autoridades tomar medidas rápidas y efectivas para abordar los problemas ambientales y garantizar la salud y el bienestar de los ciudadanos (Kramers y otros, 2014).

La innovación económica es otro beneficio que puede impulsarse mediante la adopción de enfoques de ciudad inteligente. La creación de un ecosistema urbano que favorezca la innovación y el emprendimiento puede atraer a empresas y talentos, lo que a su vez impulsa el crecimiento económico y la creación de empleo (Komninos, 2014). Además, el fomento de la colaboración entre los sectores público, privado y académico puede generar sinergias que faciliten la investigación y el desarrollo de soluciones innovadoras para abordar los desafíos urbanos (Caragliu & Del Bo, 2020).

La inclusión social es otro aspecto en el que las ciudades inteligentes pueden tener un impacto positivo. Mediante el uso de tecnologías de la información y la comunicación, las ciudades inteligentes pueden facilitar el acceso a la educación, la salud y otros servicios esenciales para todos los ciudadanos, independientemente de su situación socioeconómica (Hollands, 2008). Esto puede ayudar a reducir las desigualdades y mejorar la calidad de vida de los grupos más vulnerables de la sociedad (Angelidou, 2015).

Además, la participación ciudadana es un elemento clave en el desarrollo de ciudades inteligentes. La implementación de plataformas digitales y aplicaciones móviles puede permitir a los ciudadanos participar activamente en la toma de decisiones y en la identificación de problemas y soluciones en su entorno urbano (Gil-García y otros, 2016b). Esto puede fortalecer el sentido de comunidad y pertenencia, así como mejorar la transparencia y la confianza en las instituciones públicas.

Otro beneficio de las ciudades inteligentes es la mejora de la seguridad y la resiliencia ante desastres y crisis. La adopción de tecnologías avanzadas de monitoreo y respuesta rápida, como cámaras de vigilancia y sensores, puede ayudar a prevenir y abordar problemas de seguridad, así como mejorar la capacidad de la ciudad para enfrentar y recuperarse de eventos adversos, como desastres naturales y ataques terroristas (Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2018).

En el ámbito de la salud pública, las ciudades inteligentes pueden contribuir a mejorar la atención médica y la prevención de enfermedades. La utilización de tecnologías de telemedicina y sistemas de información en salud permite el monitoreo y la atención a distancia de pacientes, lo que puede facilitar el acceso a servicios de salud y mejorar los resultados para los pacientes (Wang y otros, 2018). Además, el uso de datos y análisis en tiempo real puede ayudar a identificar y abordar brotes de enfermedades y otros problemas de salud pública de manera más rápida y efectiva (Boulos y otros, 2014).

En lo que respecta a la educación, las ciudades inteligentes pueden ofrecer oportunidades para mejorar la calidad y la accesibilidad de la educación a través del

uso de tecnologías de la información y la comunicación. Las plataformas de aprendizaje en línea y las herramientas educativas digitales pueden proporcionar a los estudiantes acceso a recursos y experiencias de aprendizaje personalizadas, lo que puede mejorar el rendimiento académico y reducir las brechas educativas (Glaeser y otros, 2018).

Finalmente, las ciudades inteligentes pueden contribuir a la preservación del patrimonio cultural y la promoción del turismo. La utilización de tecnologías de realidad virtual y aumentada, así como la implementación de sistemas de información geográfica, puede enriquecer la experiencia de los visitantes y mejorar la gestión y conservación de sitios históricos y culturales (Gretzel y otros, 2015).

3. Tecnologías clave para las ciudades inteligentes

Imaginemos un nuevo paradigma de ciudad, una ciudad inteligente, donde la incorporación de tecnologías punteras se convierte en el pilar fundamental para mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. En esta urbe del futuro, los edificios ostentan un diseño sostenible, integrando paneles solares y sistemas de ahorro energético, lo que se traduce en una reducción significativa de la demanda de energía y un paso hacia la autosuficiencia.

La movilidad en esta ciudad está dominada por la eficiencia. Se puede apreciar una extensa red de vehículos eléctricos y autónomos, junto con carriles exclusivos para bicicletas y sistemas de transporte público de bajas emisiones. Esta innovadora propuesta de transporte contribuye a una disminución de la congestión y mejora la calidad del aire, creando un ambiente más saludable. El paisaje urbano se adorna con espacios verdes y áreas de coworking al aire libre, promoviendo la colaboración y el teletrabajo flexible. La experiencia de compra se revoluciona con tiendas equipadas con tecnología de reconocimiento facial y pago automático, agilizando y haciendo más cómoda la compra.

La ciudad inteligente también es la cuna de la industria 4.0, donde fábricas automatizadas y digitalmente conectadas optimizan los procesos de producción,

reduciendo el desperdicio y aumentando la eficiencia de la ciudad en su conjunto. En resumen, la ciudad inteligente es un lugar donde la tecnología avanzada tiene el potencial de transformar la vida urbana, creando entornos más sostenibles y habitables.

La ciudad inteligente, en su pleno despliegue, ofrece una gama de servicios que tocan cada esquina de la vida urbana. Uno de los componentes esenciales es la optimización del tráfico y la movilidad mediante semáforos inteligentes, sensores y aplicaciones que permiten un flujo vehicular eficiente y fomentan el transporte ecológico.

La educación adquiere una nueva dimensión con el uso de tecnologías digitales y plataformas en línea, permitiendo un aprendizaje y una colaboración más efectivos. En cuanto a la administración de la ciudad, la gestión de la calidad de los datos y el acceso a información abierta son fundamentales para la toma de decisiones informadas y la transparencia en la gestión pública.

El comercio y la sostenibilidad se entrelazan gracias a las plataformas digitales y a la adopción de prácticas empresariales responsables. Además, la eficiencia energética y la limpieza de la energía se garantizan a través de una gestión cuidadosa de los recursos y la implementación de fuentes renovables.

La seguridad se vela mediante sistemas de vigilancia y respuestas rápidas. La comodidad y la eficiencia son características intrínsecas de la ciudad inteligente, con edificaciones y hogares inteligentes que optimizan el uso de energía y mejoran el confort. La eficiencia también se extiende al suministro de recursos básicos, como el agua y la electricidad, garantizando una distribución equitativa.

Por último, la gestión de residuos con tecnología avanzada minimiza el impacto ambiental y asegura un entorno más limpio. En resumen, una ciudad inteligente proporciona una visión integrada para mejorar y sostenibilizar la vida urbana, garantizando un desarrollo equitativo.

La figura 3 proporciona una visión general de las tecnologías clave que pueden contribuir al desarrollo de una ciudad inteligente, destacando su potencial para transformar y mejorar la vida urbana. En ella, se muestra la importancia de la conectividad y la infraestructura de red, como la implementación de redes 5G y de fibra óptica, que facilitan la comunicación de alta velocidad y la interacción entre dispositivos y sistemas. También se destacan los sistemas de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático, que permiten analizar y procesar grandes volúmenes de datos para optimizar la toma de decisiones y el funcionamiento de la ciudad.

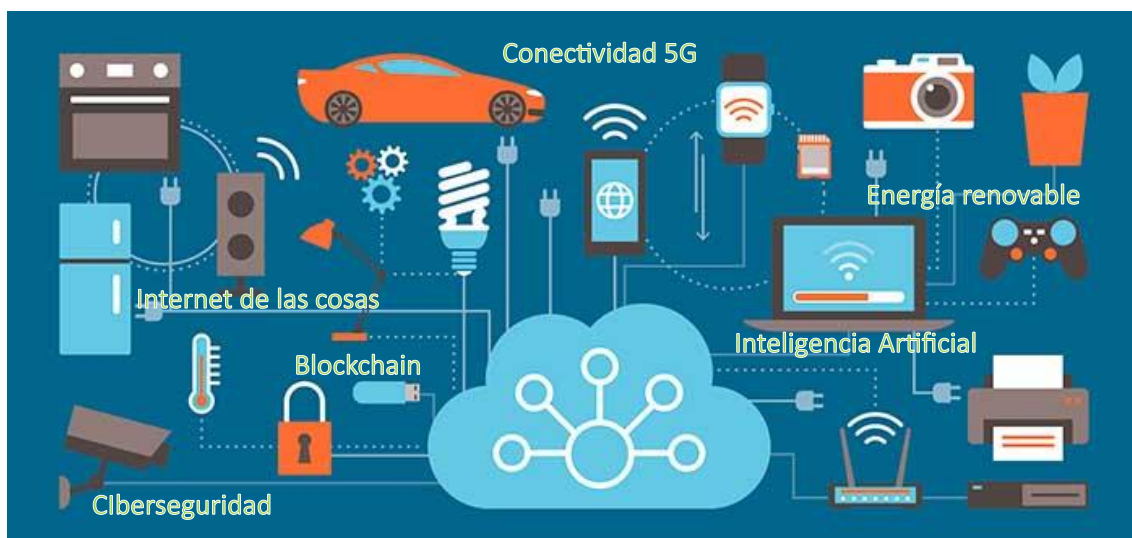


Figura 3. Tecnologías para una ciudad inteligente. Obtenida de pixabay.com. Creative Commons.

La figura incluye también el Internet de las cosas (IoT), que permite la interconexión de dispositivos y sensores para monitorear y controlar diversos aspectos de la vida urbana en tiempo real. La energía renovable y las soluciones de almacenamiento de energía, como paneles solares y baterías de almacenamiento, aparecen como elementos clave para garantizar la sostenibilidad energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La robótica y la automatización se mencionan como tecnologías fundamentales para mejorar la eficiencia en la industria, el transporte y la logística.

Se destaca la importancia de la ciberseguridad, que protege la integridad y la privacidad de los datos y sistemas de la ciudad inteligente. También se incluyen la realidad virtual y aumentada, que pueden utilizarse para mejorar la experiencia de los ciudadanos en áreas como el turismo, la educación y la planificación urbana. Es igualmente relevante la tecnología blockchain, que permite el intercambio seguro y descentralizado de información y recursos en la ciudad inteligente.

La combinación de diversas tecnologías avanzadas puede impulsar el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, mejorando la calidad de vida y promoviendo un crecimiento urbano equilibrado y responsable.

3.1. Internet de las cosas (IoT)

El Internet de las cosas (IoT) es una de las tecnologías fundamentales que impulsan el desarrollo y la implementación de soluciones en las ciudades inteligentes. IoT hace referencia a la interconexión de dispositivos y objetos cotidianos mediante

redes de comunicación, lo que permite la recopilación y el intercambio de datos entre ellos (Atzori y otros, 2010). La aplicación de IoT en el contexto de las ciudades inteligentes permite mejorar la eficiencia de los servicios urbanos, optimizar la gestión de recursos y promover la sostenibilidad y la calidad de vida de los ciudadanos.

Uno de los principales beneficios del IoT en las ciudades inteligentes es la capacidad de recopilar y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real. Los dispositivos IoT, como sensores y actuadores, pueden ser instalados en diversos entornos urbanos, como infraestructuras, edificios y vehículos, para monitorear una amplia gama de parámetros, como el tráfico, la calidad del aire, el consumo de energía y el uso del agua (Zanella y otros, 2014). Esta información puede ser utilizada por las autoridades y otros actores urbanos para tomar decisiones basadas en datos y optimizar la planificación y la gestión de los servicios y recursos de la ciudad (Gubbi y otros, 2013).

El IoT también puede contribuir a la mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en las ciudades inteligentes. Los dispositivos IoT pueden ser utilizados para controlar y ajustar automáticamente el consumo de energía en edificios y sistemas de iluminación pública, en función de factores como la ocupación, la temperatura exterior y la disponibilidad de luz natural (Majeed y otros, 2018). Además, las redes inteligentes de energía, que integran tecnologías IoT, pueden equilibrar de manera óptima la demanda y la oferta de energía, facilitar la integración de fuentes de energía renovable y mejorar la resiliencia del sistema eléctrico ante eventos adversos (Fang y otros, 2012).

En el ámbito del transporte, el IoT puede ser utilizado para desarrollar sistemas de transporte inteligente que mejoren la movilidad urbana y reduzcan la congestión del tráfico. Los sensores y dispositivos IoT instalados en vehículos, infraestructuras y dispositivos móviles de los usuarios pueden proporcionar información en tiempo real sobre el estado del tráfico y las condiciones de la carretera, lo que permite a los conductores y a los sistemas de transporte público ajustar sus rutas y horarios para evitar congestiones y minimizar los tiempos de viaje (Xu y otros, 2014). Además, el IoT puede facilitar la implementación de soluciones de movilidad compartida, como sistemas de bicicletas y vehículos eléctricos compartidos, que promuevan la utilización eficiente de recursos y reduzcan la dependencia del transporte privado (Shaheen y otros, 2012).

La gestión de residuos es otro ámbito en el que el IoT puede tener un impacto significativo en las ciudades inteligentes. Los sensores instalados en contenedores de basura y vehículos de recolección de residuos pueden monitorear en tiempo real los

niveles de llenado y optimizar las rutas de recolección, lo que resulta en una reducción de costos y emisiones asociadas al transporte de residuos. Además, los sistemas de IoT también pueden ayudar a mejorar la eficiencia en la clasificación y el reciclaje de materiales, lo que contribuye a la promoción de una economía circular y la reducción del impacto ambiental de la gestión de residuos.

En términos de seguridad pública y prevención de desastres, el IoT desempeña un papel crucial en las ciudades inteligentes. Los dispositivos IoT, como cámaras de vigilancia y sensores de monitoreo, pueden ayudar a las autoridades a detectar y prevenir incidentes de seguridad y actuar de manera rápida y efectiva en caso de emergencias (Albino y otros, 2015). Además, los sensores IoT pueden ser utilizados para monitorear y alertar a la población sobre posibles riesgos naturales, como inundaciones, terremotos y deslizamientos de tierra, mejorando la resiliencia de la ciudad y la capacidad de respuesta ante desastres (Ye y otros, 2018).

El IoT también tiene el potencial de mejorar la atención médica y la salud pública en las ciudades inteligentes. Los dispositivos de monitoreo remoto y los sistemas de telemedicina pueden permitir a los profesionales médicos realizar seguimiento y atención a distancia de pacientes, lo que facilita el acceso a servicios de salud y mejora los resultados para los pacientes (Wang y otros, 2018). Además, el uso de datos y análisis en tiempo real puede ayudar a identificar y abordar brotes de enfermedades y otros problemas de salud pública de manera más rápida y efectiva (Boulos y otros, 2014).

La educación es otro sector en el que el IoT puede tener un impacto positivo en las ciudades inteligentes. Los dispositivos IoT en entornos educativos, como aulas y bibliotecas, pueden proporcionar información valiosa sobre el uso de recursos y el rendimiento académico de los estudiantes, lo que permite a los educadores y administradores optimizar la planificación y la gestión de la enseñanza. Además, las tecnologías IoT pueden ser utilizadas para desarrollar soluciones de aprendizaje adaptativo y personalizado, que se ajusten a las necesidades individuales de cada estudiante y mejoren su experiencia educativa.

El Internet de las cosas es una tecnología clave que impulsa la transformación de las ciudades hacia modelos más inteligentes y sostenibles. La aplicación de IoT en diversos ámbitos de la vida urbana permite mejorar la eficiencia y la calidad de los servicios, optimizar la gestión de recursos y contribuir a la promoción de la sostenibilidad y el bienestar de los ciudadanos.

3.2. Sensores y comunicaciones

Los sensores y las tecnologías de comunicación son componentes críticos en el desarrollo e implementación de ciudades inteligentes. Estos dispositivos y sistemas permiten la recopilación, transmisión y análisis de información en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos y la optimización de diversos servicios y recursos urbanos.

Los sensores son dispositivos electrónicos que detectan y responden a cambios en su entorno, como temperatura, humedad, luz, sonido, movimiento, presión y otros parámetros físicos o químicos. En el contexto de las ciudades inteligentes, los sensores pueden ser instalados en infraestructuras, edificios, vehículos y otros entornos urbanos para monitorizar y recolectar información en tiempo real sobre el funcionamiento y las condiciones de la ciudad (Li y otros, 2015). Esta información es luego utilizada por las autoridades y otros actores urbanos para identificar problemas, implementar soluciones y evaluar el impacto de las intervenciones en la mejora de la calidad de vida y la sostenibilidad de la ciudad (Kitchin y otros, 2015).

Las tecnologías de comunicación, por otro lado, son sistemas y protocolos que permiten la transmisión de datos entre dispositivos, infraestructuras y usuarios en la ciudad inteligente. Estas tecnologías pueden incluir redes de área local (LAN), redes de área amplia (WAN), redes inalámbricas (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, etc.), redes celulares (3G, 4G, 5G), sistemas de posicionamiento global (GPS) y otras soluciones de conectividad (Zhang y otros, 2019). La elección de la tecnología de comunicación adecuada depende de factores como la cantidad de datos que se deben transmitir, la distancia y la topología de la red, la disponibilidad de energía y las necesidades específicas de la aplicación (Rathore y otros, 2016).

La combinación de sensores y tecnologías de comunicación permite la creación de sistemas de monitoreo y control en tiempo real en las ciudades inteligentes, lo que puede resultar en una serie de beneficios en diferentes áreas. Por ejemplo, en el ámbito de la energía, los sensores pueden ser utilizados para monitorear el consumo de energía y los patrones de demanda en edificios e infraestructuras, mientras que las tecnologías de comunicación pueden permitir la transmisión de datos a los proveedores de energía y la implementación de soluciones de gestión y eficiencia energética (Miorandi y otros, 2014).

En el sector del transporte, los sensores y las comunicaciones pueden ser utilizados para desarrollar sistemas de transporte inteligente (ITS) que mejoren la movilidad y reduzcan la congestión del tráfico. Por ejemplo, los sensores instalados en vehículos, infraestructuras y dispositivos móviles de los usuarios pueden

proporcionar información en tiempo real sobre el estado del tráfico y las condiciones de la carretera, lo que permite a los conductores y a los sistemas de transporte público ajustar sus rutas y horarios para evitar congestiones y minimizar los tiempos de viaje (Batty y otros, 2012).

Además, los sistemas de transporte inteligente también pueden mejorar la seguridad vial al detectar y alertar a los conductores y las autoridades sobre posibles peligros, como accidentes, condiciones meteorológicas adversas y problemas en la infraestructura (Wang y otros, 2018). Asimismo, la comunicación entre vehículos (V2V) y la comunicación entre vehículos e infraestructuras (V2I) pueden facilitar la implementación de soluciones de movilidad autónoma y conectada, lo que puede reducir aún más la congestión, el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la gestión de recursos hídricos, los sensores y las tecnologías de comunicación pueden ser utilizados para monitorear el consumo de agua, la calidad del agua y las condiciones de las infraestructuras hídricas en tiempo real (Khan y otros, 2019). Esta información puede ayudar a las autoridades y los proveedores de agua a optimizar la distribución y el uso del agua, detectar y solucionar problemas de contaminación, y mejorar la resiliencia de los sistemas hídricos ante eventos extremos, como sequías e inundaciones (Rahman y otros, 2015).

En el ámbito de la gestión de residuos, los sensores y las tecnologías de comunicación pueden facilitar la implementación de sistemas de recolección y tratamiento de residuos más eficientes y sostenibles. Por ejemplo, los sensores instalados en contenedores de basura y vehículos de recolección pueden monitorear en tiempo real los niveles de llenado y optimizar las rutas de recolección, lo que resulta en una reducción de costos y emisiones asociadas al transporte de residuos (Hannan y otros, 2018). Además, los sensores y las comunicaciones también pueden ser utilizados para mejorar la eficiencia en la clasificación y el reciclaje de materiales, lo que contribuye a la promoción de una economía circular y la reducción del impacto ambiental de la gestión de residuos (Silva y otros, 2018).

La seguridad pública y la prevención de desastres también se benefician del uso de sensores y tecnologías de comunicación en las ciudades inteligentes. Los dispositivos como cámaras de vigilancia, sensores de monitoreo y sistemas de alerta temprana pueden ayudar a las autoridades a detectar y prevenir incidentes de seguridad, así como actuar de manera rápida y efectiva en caso de emergencias (Albino y otros, 2015). Por otro lado, los sensores pueden ser utilizados para monitorear y alertar a la población sobre posibles riesgos naturales, como

inundaciones, terremotos y deslizamientos de tierra, mejorando la resiliencia de la ciudad y la capacidad de respuesta ante desastres (Ye y otros, 2018).

La atención médica y la salud pública también se ven impactadas positivamente por la aplicación de sensores y tecnologías de comunicación en las ciudades inteligentes. Los dispositivos de monitoreo remoto y los sistemas de telemedicina pueden permitir a los profesionales médicos realizar seguimiento y atención a distancia de pacientes, facilitando el acceso a servicios de salud y mejorando los resultados para los pacientes (Wang y otros, 2018). Además, la recopilación y el análisis de datos de sensores ambientales pueden ayudar a identificar y abordar problemas de salud pública relacionados con la contaminación del aire, el agua y otros factores ambientales (Kumar y otros, 2020b).

La educación también se beneficia del uso de sensores y tecnologías de comunicación en las ciudades inteligentes. La adopción de tecnologías de información y comunicación (TIC) en las instituciones educativas puede mejorar la calidad y la accesibilidad de la educación, permitiendo la personalización del aprendizaje, la colaboración entre estudiantes y profesores, y la reducción de las brechas educativas entre diferentes grupos sociales (Gulati, 2008). Además, el uso de sensores y sistemas de monitoreo en tiempo real en las instalaciones educativas puede mejorar la seguridad y el bienestar de los estudiantes y el personal (Kumar y otros, 2020a).

En cuanto a la gobernanza y la participación ciudadana, las tecnologías de sensores y comunicación pueden facilitar la recopilación y el análisis de datos sobre las opiniones, preferencias y necesidades de los ciudadanos, lo que permite a las autoridades tomar decisiones más informadas y adaptadas a las demandas de la población (Nam & Pardo, 2011). Además, las plataformas digitales y las redes sociales pueden ser utilizadas para promover la participación activa de los ciudadanos en el diseño y la implementación de políticas y proyectos urbanos, aumentando la transparencia y la responsabilidad de las instituciones públicas (Gil-Garcia y otros, 2016a).

Finalmente, cabe destacar que la implementación de sensores y tecnologías de comunicación en las ciudades inteligentes también plantea desafíos y preocupaciones en términos de privacidad, seguridad y equidad. La recopilación y el análisis de grandes volúmenes de datos personales y sensibles pueden generar riesgos de violaciones de la privacidad y la seguridad de los ciudadanos, especialmente si los datos no se almacenan y se gestionan adecuadamente (Ziegeldorf y otros, 2014). Además, la adopción de tecnologías avanzadas puede acentuar las desigualdades entre aquellos que tienen acceso a estas tecnologías y aquellos que no lo tienen, lo

que podría resultar en la exclusión y la marginación de ciertos grupos de la población (Kitchin y otros, 2015). Por lo tanto, es esencial abordar estas preocupaciones y garantizar que las ciudades inteligentes sean inclusivas, justas y respetuosas con los derechos y las necesidades de todos sus habitantes.

3.3. Inteligencia artificial (AI)

La inteligencia artificial (IA) ha experimentado un rápido crecimiento en las últimas décadas, lo que ha dado lugar a una variedad de aplicaciones en múltiples dominios, incluyendo las ciudades inteligentes. La IA es un campo de estudio y desarrollo de tecnología que se centra en la creación de sistemas informáticos y algoritmos capaces de realizar tareas que normalmente requieren la inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento, la percepción y la toma de decisiones. En el contexto de las ciudades inteligentes, la IA puede contribuir significativamente a la optimización y la eficiencia de diversos servicios y recursos urbanos, así como a la mejora de la calidad de vida y la sostenibilidad de las áreas urbanas.

Un área clave en la que la IA puede tener un impacto significativo en las ciudades inteligentes es la gestión del tráfico y el transporte. Los sistemas de transporte inteligente (ITS) pueden aprovechar la IA para analizar grandes cantidades de datos recopilados de sensores y dispositivos instalados en vehículos, infraestructuras y dispositivos móviles de los usuarios (Zheng y otros, 2014). A través del análisis de estos datos, los algoritmos de IA pueden predecir y optimizar las condiciones del tráfico, ajustar las señales de tráfico en tiempo real, optimizar las rutas de transporte público y proporcionar recomendaciones de rutas a los conductores para evitar la congestión y reducir los tiempos de viaje (Vlahogianni y otros, 2014). Además, la IA también puede ser utilizada en la implementación de vehículos autónomos y conectados, lo que puede contribuir a una mayor eficiencia en el uso de la infraestructura vial y a una reducción de los accidentes de tráfico.

En el ámbito de la energía, la IA puede ser aplicada en la gestión y optimización de la producción, distribución y consumo de energía en la ciudad inteligente (Mohammadi y otros, 2018). Los algoritmos de IA pueden analizar patrones de consumo de energía y demanda en tiempo real, lo que permite a los proveedores de energía ajustar la producción y distribución de energía de manera más eficiente y sostenible (Miorandi y otros, 2014). Además, la IA puede ser utilizada para desarrollar y mejorar soluciones de eficiencia energética y gestión de la demanda en edificios e infraestructuras, lo que puede resultar en una reducción del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero (Pérez-Lombard y otros, 2008).

La gestión de recursos hídricos también puede beneficiarse del uso de IA en ciudades inteligentes. Los algoritmos de IA pueden ser utilizados para analizar datos de sensores y dispositivos de monitoreo instalados en infraestructuras hídricas, como redes de distribución de agua, plantas de tratamiento y sistemas de riego (Khan y otros, 2019). A través de este análisis, la IA puede ayudar a optimizar la distribución y el uso del agua, detectar y solucionar problemas de contaminación, y mejorar la eficiencia en la gestión de recursos hídricos, lo que a su vez puede contribuir a la sostenibilidad y resiliencia de las ciudades (Gupta y otros, 2019).

En el ámbito de la seguridad pública, la IA tiene el potencial de mejorar la prevención y respuesta a situaciones de emergencia y desastres naturales. Los algoritmos de IA pueden ser utilizados para analizar y procesar grandes volúmenes de datos provenientes de sensores, cámaras de vigilancia y redes sociales, lo que permite identificar patrones y anomalías que puedan indicar posibles riesgos o incidentes. Además, la IA puede ser utilizada para optimizar la asignación de recursos y la coordinación entre los distintos organismos de seguridad y emergencia, lo que puede mejorar la eficacia y rapidez en la respuesta a situaciones críticas.

Otra aplicación importante de la IA en las ciudades inteligentes es la gestión de residuos sólidos urbanos. La IA puede contribuir a la optimización de la recolección, transporte y tratamiento de residuos mediante el análisis de datos sobre la generación de residuos, las rutas de recolección y las capacidades de las instalaciones de tratamiento. Estas soluciones pueden ayudar a reducir los costos operativos y ambientales asociados a la gestión de residuos, y promover prácticas más sostenibles y eficientes en este ámbito.

La IA también puede desempeñar un papel relevante en la promoción de la participación ciudadana y la gobernanza en ciudades inteligentes. Las plataformas de participación ciudadana basadas en IA pueden analizar y procesar las opiniones y demandas de los ciudadanos, facilitando la toma de decisiones informadas y la implementación de políticas y servicios públicos más adecuados a las necesidades de la población (Gil-García y otros, 2016a). Además, la IA puede ser utilizada para mejorar la transparencia y la rendición de cuentas en la administración pública, mediante el análisis de datos y la detección de posibles irregularidades o ineficiencias en la gestión de recursos y la prestación de servicios (Klievink y otros, 2017).

3.4. Big data y análisis de datos

El big data y el análisis de datos han emergido como tecnologías fundamentales en el desarrollo y la implementación de ciudades inteligentes, permitiendo la recopilación, el almacenamiento, la gestión y el análisis de grandes volúmenes de

datos generados por las múltiples aplicaciones y dispositivos interconectados en estos entornos urbanos (Figura 4). La capacidad de procesar y analizar información en tiempo real o casi en tiempo real es esencial para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de las ciudades inteligentes, así como para responder de manera adecuada y efectiva a las necesidades y demandas de los ciudadanos, las empresas y las instituciones públicas (Bibri & Krogstie, 2017).



Figura 4. Las tecnologías emergentes y el incremento masivo de datos. Obtenida de pixabay.com. Creative Commons.

El big data en las ciudades inteligentes se caracteriza por su volumen, variedad y velocidad, lo que plantea desafíos significativos en términos de almacenamiento, procesamiento y análisis (Gandomi & Haider, 2015). Los datos provienen de una amplia gama de fuentes, como sensores y dispositivos del Internet de las cosas (IoT), sistemas de transporte, redes de energía, sistemas de vigilancia, redes sociales y aplicaciones móviles, y pueden incluir tanto datos estructurados como no estructurados (Hashem y otros, 2016). El análisis de estos datos permite a las ciudades inteligentes tomar decisiones informadas y basadas en datos, así como optimizar y adaptar sus servicios y operaciones a las condiciones y demandas en constante cambio (Nuaimi y otros, 2015).

El análisis de datos en el contexto de las ciudades inteligentes puede adoptar diversas formas y enfoques, dependiendo de los objetivos y los requisitos específicos de cada aplicación o dominio. Estos enfoques pueden incluir análisis descriptivo, diagnóstico, predictivo, prescriptivo y exploratorio, así como técnicas de aprendizaje

automático y minería de datos (Wang y otros, 2018). El análisis descriptivo se centra en describir los patrones y tendencias observados en los datos, mientras que el análisis diagnóstico busca identificar las causas y los factores subyacentes que explican estos patrones (Sharma y otros, 2016). El análisis predictivo utiliza modelos y algoritmos para predecir eventos o condiciones futuras basándose en datos históricos y actuales, mientras que el análisis prescriptivo sugiere acciones y medidas para optimizar los resultados y alcanzar objetivos específicos (Batty y otros, 2012).

En el ámbito del transporte y la movilidad, el big data y el análisis de datos pueden utilizarse para analizar y predecir las condiciones del tráfico y la demanda de transporte, así como para optimizar la gestión y el funcionamiento de los sistemas de transporte (Zhang y otros, 2019). Por ejemplo, los datos de sensores instalados en vehículos, infraestructuras y dispositivos móviles de los usuarios pueden ser analizados para estimar y predecir la congestión del tráfico, permitiendo ajustar las señales de tráfico y las rutas de transporte público en tiempo real (Zheng y otros, 2014).

En el sector energético, el big data y el análisis de datos pueden desempeñar un papel crucial en la gestión y optimización del consumo de energía y la producción de energía renovable. Por ejemplo, los datos recopilados de sensores inteligentes en edificios y redes de energía pueden utilizarse para analizar patrones de consumo, identificar ineficiencias y desarrollar soluciones para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el análisis de datos en tiempo real puede ayudar a equilibrar la oferta y la demanda de energía, optimizando la integración de fuentes de energía renovable y distribuida en la red eléctrica.

El big data y el análisis de datos también pueden contribuir significativamente a la mejora de la seguridad pública y la calidad de vida en las ciudades inteligentes. Por ejemplo, los datos recopilados de cámaras de vigilancia y sensores pueden ser analizados para detectar y prevenir incidentes de seguridad, como el crimen o el terrorismo, así como para mejorar la planificación y gestión de emergencias y desastres naturales (Kitchin, 2015). Además, los datos de salud pública, como registros médicos electrónicos, pueden ser analizados para identificar patrones y tendencias en enfermedades y condiciones de salud, lo que permite a las autoridades sanitarias y a los proveedores de atención médica diseñar intervenciones y políticas más efectivas para mejorar la salud y el bienestar de la población.

En el ámbito del medio ambiente y la sostenibilidad, el big data y el análisis de datos pueden utilizarse para monitorizar y evaluar la calidad del aire, el agua y el suelo,

así como para predecir y gestionar eventos climáticos extremos y los impactos del cambio climático en las ciudades inteligentes (Li y otros, 2018). Por ejemplo, los datos de sensores y satélites pueden ser analizados para identificar y predecir episodios de contaminación atmosférica, lo que permite a las autoridades tomar medidas preventivas y mitigadoras para proteger la salud pública y el medio ambiente (Zhang y otros, 2019).

El big data y el análisis de datos también pueden facilitar la participación y la colaboración entre los ciudadanos, las empresas y las instituciones públicas en las ciudades inteligentes. Las plataformas y aplicaciones basadas en datos permiten a los usuarios acceder y compartir información en tiempo real, lo que puede mejorar la toma de decisiones, la innovación y la resolución de problemas en diversos dominios, desde la planificación urbana y el gobierno abierto hasta la economía y la educación. Por ejemplo, las aplicaciones de crowdsourcing y participación ciudadana pueden utilizarse para recopilar y analizar datos sobre opiniones, preferencias y necesidades de los ciudadanos, lo que permite a las autoridades y los responsables políticos diseñar y adaptar servicios y políticas más inclusivas y responsivas (Nam & Pardo, 2011).

A pesar de las numerosas oportunidades y beneficios asociados con el big data y el análisis de datos en las ciudades inteligentes, también existen desafíos y riesgos que deben abordarse para garantizar el éxito y la sostenibilidad a largo plazo de estas iniciativas. Uno de los principales desafíos es la protección de la privacidad y la seguridad de los datos, ya que la recopilación y el análisis de grandes volúmenes de datos personales y sensibles pueden generar preocupaciones y riesgos en términos de vigilancia, discriminación y violación de derechos fundamentales (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013). Para abordar estos desafíos, es esencial desarrollar e implementar marcos legales y normativos sólidos, así como tecnologías y prácticas de privacidad y seguridad por diseño, que garanticen la protección de la privacidad y la seguridad de los datos sin comprometer la innovación y la eficiencia de las ciudades inteligentes (Ziegeldorf y otros, 2014).

Otro desafío importante en el uso del big data y el análisis de datos en ciudades inteligentes es la interoperabilidad y la integración de datos y sistemas, ya que las ciudades inteligentes a menudo involucran múltiples actores, aplicaciones y tecnologías que generan y utilizan diferentes tipos de datos y formatos (Anthopoulos L. , 2017). Para superar este desafío, es necesario desarrollar estándares y protocolos comunes, así como plataformas y arquitecturas de datos abiertas y modulares, que permitan la interoperabilidad y la integración de datos y sistemas en el ecosistema de la ciudad inteligente (Sánchez y otros, 2014).

Además, la adopción y el uso efectivo del big data y el análisis de datos en las ciudades inteligentes requieren la disponibilidad y el acceso a recursos y capacidades técnicas, humanas y financieras, que a menudo pueden ser limitados o desiguales, especialmente en ciudades de países en desarrollo o con menos recursos (Angelidou y otros, 2017). Para abordar este desafío, es fundamental promover la colaboración y el aprendizaje entre ciudades y actores, así como el apoyo y la inversión en infraestructuras, capacitación y desarrollo de capacidades en el ámbito del big data y el análisis de datos (Giest, 2017).

3.5. Blockchain

El desarrollo de ciudades inteligentes requiere la implementación de tecnologías que permitan una mayor eficiencia, seguridad y transparencia en la gestión de los recursos y servicios urbanos. Una de estas tecnologías clave es la blockchain o cadena de bloques, que ha emergido en los últimos años como una solución innovadora para la gestión descentralizada y segura de la información y las transacciones en múltiples dominios, desde las finanzas y la energía hasta la gobernanza y la movilidad (Xiao y otros, 2021).

La blockchain es un tipo de base de datos distribuida que permite registrar y almacenar información de manera segura, inmutable y transparente en una red descentralizada de nodos o participantes (Narayanan y otros, 2016). Cada bloque de información en la cadena contiene un conjunto de transacciones o eventos, que son verificados y validados por los nodos de la red mediante algoritmos criptográficos y protocolos de consenso (Zohar, 2015). Una vez que un bloque es agregado a la cadena, su contenido no puede ser modificado ni eliminado, lo que garantiza la integridad y la autenticidad de la información y las transacciones almacenadas en la blockchain (Mougayar, 2016).

La aplicación de la tecnología blockchain en el contexto de las ciudades inteligentes ofrece diversas ventajas y oportunidades para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los servicios y las operaciones urbanas, así como para promover la confianza y la colaboración entre los ciudadanos, las empresas y las instituciones públicas (Tapscott & Tapscott, 2016).

Uno de los ámbitos en los que la blockchain puede tener un impacto significativo en las ciudades inteligentes es la gestión y el intercambio de energía. La creciente adopción de fuentes de energía renovable y distribuida, como la solar y la eólica, plantea desafíos en términos de equilibrar la oferta y la demanda de energía, así como de integrar y optimizar estos recursos en la red eléctrica (Mengelkamp y otros, 2018). La blockchain puede facilitar la creación de mercados de energía descentralizados y

peer-to-peer, en los que los consumidores y los productores de energía pueden intercambiar y negociar energía de manera directa y transparente, sin intermediarios ni barreras administrativas (Aitzhan & Svetinovic, 2016). Además, la blockchain puede mejorar la trazabilidad y la verificación de los certificados de energía renovable y los créditos de carbono, lo que puede incentivar la inversión y la adopción de soluciones de energía limpia y sostenible en las ciudades inteligentes.

En el ámbito del transporte y la movilidad, la blockchain puede contribuir a la optimización y la integración de los sistemas de transporte público y privado, mediante la creación de plataformas de movilidad como servicio (MaaS) basadas en la tecnología blockchain (Lundqvist & Grunditz, 2017). Estas plataformas pueden permitir a los usuarios acceder y pagar por diversos servicios de transporte, como autobuses, trenes, taxis y bicicletas compartidas, a través de una única aplicación o interfaz, facilitando así la intermodalidad y la eficiencia en el uso de los recursos de transporte (Janssen y otros, 2018). Además, la blockchain puede mejorar la seguridad y la privacidad de los datos de los usuarios en el contexto de la movilidad urbana, al permitir un control más granular y descentralizado sobre el acceso y la compartición de dichos datos.

La gobernanza es otro ámbito en el que la blockchain puede aportar valor a las ciudades inteligentes. La transparencia, la inmutabilidad y la seguridad de la blockchain pueden mejorar la eficiencia y la confianza en la administración pública y los procesos democráticos, desde la gestión de identidades y la emisión de licencias y permisos hasta la votación electrónica y la participación ciudadana (Al-Saqaf & Seidler, 2017). Por ejemplo, la blockchain puede facilitar la creación de sistemas de identidad digital descentralizados y seguros que protejan la privacidad de los ciudadanos y permitan un acceso más fácil y rápido a los servicios públicos y privados (Griggs y otros, 2018). Asimismo, la blockchain puede ser utilizada para garantizar la integridad y la transparencia de los procesos electorales y las decisiones políticas, al permitir la trazabilidad y la verificación de los votos y las propuestas de manera inmutable y segura.

En cuanto a la gestión de los recursos y el medio ambiente, la blockchain puede facilitar la creación de sistemas de seguimiento y verificación de la cadena de suministro y la gestión de residuos, lo que puede contribuir a la promoción de prácticas sostenibles y responsables en la producción, el consumo y la disposición de productos y materiales (Kshetri & Voas, 2018). La transparencia y la trazabilidad proporcionadas por la blockchain pueden incentivar a las empresas y los consumidores a adoptar comportamientos y elecciones más sostenibles y éticas, al hacer visible y verificable el origen y el impacto de los productos y servicios que consumen (Rejeb y otros, 2020).

Además, la blockchain puede ser utilizada para mejorar la eficiencia y la equidad en la distribución y el uso de recursos escasos, como el agua y la tierra, al permitir la creación de mercados y sistemas de gestión descentralizados y transparentes.

Finalmente, en el ámbito de la seguridad y la protección de datos, la blockchain puede proporcionar soluciones para mejorar la seguridad y la resiliencia de las infraestructuras y los sistemas de información críticos en las ciudades inteligentes (Casino y otros, 2019). La descentralización y la criptografía de la blockchain pueden proteger los sistemas de información y comunicación contra ataques cibernéticos y fallos técnicos, al distribuir la información y las responsabilidades de seguridad entre múltiples nodos y usuarios de la red (Li y otros, 2018). Además, la blockchain puede facilitar la implementación de sistemas de control de acceso y autenticación descentralizados y seguros para dispositivos y aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) en el entorno urbano, lo que puede mejorar la privacidad y la integridad de los datos generados y compartidos por estos dispositivos (Dorri y otros, 2017).

En el ámbito de la salud y el bienestar, la blockchain puede revolucionar la gestión y el intercambio de información médica y de salud en las ciudades inteligentes. Al ofrecer una plataforma de almacenamiento de datos médicos segura, inmutable y descentralizada, la blockchain puede garantizar la privacidad y el control de los pacientes sobre sus propios datos, al tiempo que facilita el acceso y la compartición de información relevante entre profesionales de la salud y otros actores del ecosistema sanitario (Azaria y otros, 2016). Esto puede conducir a una atención sanitaria más personalizada y eficiente, así como a una mayor colaboración y coordinación entre proveedores de servicios de salud, investigadores y reguladores (Kuo y otros, 2017).

La tecnología blockchain tiene el potencial de transformar y mejorar múltiples aspectos de las ciudades inteligentes, desde la gestión y el intercambio de energía, el transporte y la movilidad, la gobernanza y la participación ciudadana, la gestión de recursos y el medio ambiente, hasta la seguridad y la protección de datos y la atención sanitaria. Al aprovechar las ventajas de la descentralización, la inmutabilidad y la transparencia de la blockchain, las ciudades inteligentes pueden evolucionar hacia modelos de gestión urbana más eficientes, sostenibles y democráticos, en los que los ciudadanos, las empresas y las instituciones públicas colaboren y se beneficien mutuamente de la innovación y el progreso tecnológico.

4. Casos prácticos de ciudades inteligentes

A lo largo de los últimos años, diversas ciudades alrededor del mundo han implementado tecnologías y estrategias innovadoras para convertirse en ciudades inteligentes, mejorando así la calidad de vida de sus ciudadanos y promoviendo un desarrollo urbano sostenible y eficiente. Algunos de estos casos prácticos destacados incluyen a Singapur, Barcelona, Ámsterdam y Copenhague.

Singapur (figura 5), una ciudad-estado en el sudeste asiático, es considerada como uno de los líderes mundiales en la implementación de soluciones inteligentes en áreas como el transporte, la energía y la gobernanza (Kitchin y otros, 2015). En el ámbito del transporte, Singapur ha desarrollado un sistema de tarificación vial electrónico y en tiempo real para gestionar y reducir la congestión del tráfico. Asimismo, la ciudad ha implementado una red de sensores y cámaras de tráfico inteligentes para optimizar el flujo de vehículos y mejorar la seguridad vial. En cuanto a la energía, Singapur ha impulsado la adopción de tecnologías de energía solar y almacenamiento de energía, así como la creación de un mercado de electricidad liberalizado y basado en la tecnología blockchain (Wang y otros, 2019).



Figura 5. Singapur, ciudad inteligente. Obtenida de pixabay.com. Creative Commons.

Barcelona, una de las principales ciudades de España, ha llevado a cabo numerosas iniciativas en el ámbito de las ciudades inteligentes, tales como la implementación de sensores IoT para la gestión del agua, la energía y los residuos, y el despliegue de soluciones de movilidad urbana sostenible (Bibri & Krogstie, 2017). Por ejemplo, la ciudad ha implementado un sistema de alumbrado público inteligente basado en tecnologías LED y sensores de movimiento, lo que ha permitido reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones de CO₂ (Gascó, 2016). Además, Barcelona ha promovido la creación de una plataforma de datos abiertos para facilitar la transparencia y la participación ciudadana en la toma de decisiones y la planificación urbana.

El gobierno local de Barcelona ha desempeñado un papel fundamental en la promoción de la transformación de la ciudad en una ciudad inteligente. Mediante la implementación de políticas y estrategias integrales, se ha enfocado en mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad en la ciudad. La administración ha invertido en infraestructuras tecnológicas, como redes de fibra óptica y conectividad 5G, para facilitar la comunicación y la interacción entre dispositivos y sistemas. Se han desarrollado soluciones innovadoras de movilidad, como el sistema de transporte público eficiente y la promoción del uso de bicicletas y vehículos eléctricos, para reducir la congestión y mejorar la calidad del aire. Además, se ha impulsado la implementación de tecnologías de Internet de las cosas (IoT) y sensores para optimizar la gestión de recursos, como el consumo de energía y agua, y para mejorar la eficiencia en la recolección y tratamiento de residuos. Barcelona ha fomentado la

participación ciudadana y la transparencia a través de plataformas digitales y el acceso a datos abiertos, permitiendo a los ciudadanos involucrarse activamente en el desarrollo y la toma de decisiones en la ciudad. En conjunto, el gobierno local de Barcelona ha demostrado un fuerte compromiso para convertir la ciudad en un modelo de innovación y sostenibilidad a nivel global.

Ámsterdam, la capital de los Países Bajos, es otro ejemplo destacado de ciudad inteligente, especialmente en lo que respecta a la movilidad sostenible y la economía circular. La ciudad ha implementado un amplio programa de infraestructuras para la movilidad eléctrica, incluyendo la instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos y la promoción del uso compartido de bicicletas y automóviles eléctricos (van den Hoed y otros, 2016). Además, Ámsterdam ha desarrollado un enfoque innovador para la gestión de residuos y la promoción de la economía circular, mediante la creación de un "mercado de materiales" basado en la tecnología blockchain, que permite a las empresas y los ciudadanos intercambiar y reutilizar recursos y materiales de manera transparente y eficiente (Korhonen y otros, 2018).

Copenhague, la capital de Dinamarca, es reconocida por sus esfuerzos en sostenibilidad y eficiencia energética, y se posiciona como un referente en el ámbito de las ciudades inteligentes (Angelidou y otros, 2017). La ciudad ha establecido objetivos ambiciosos para convertirse en una ciudad neutral en carbono para el año 2025, y ha implementado diversas medidas en áreas como el transporte, la energía y la construcción sostenible (City of Copenhagen, 2012). En el sector del transporte, Copenhague ha fomentado el uso de la bicicleta como medio de transporte principal, mediante la creación de infraestructuras de ciclismo de alta calidad y la promoción de programas de bicicletas compartidas. En el ámbito de la energía, la ciudad ha impulsado la adopción de tecnologías de energías renovables y la implementación de sistemas de calefacción urbana y cogeneración, lo que ha contribuido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética (Lund y otros, 2010).

En América Latina, Medellín, una ciudad colombiana, ha experimentado una transformación urbana significativa en las últimas décadas, convirtiéndose en un modelo de ciudad inteligente en la región. Medellín ha enfocado sus esfuerzos en la inclusión social y la innovación tecnológica, implementando proyectos como el sistema de transporte público Metrocable, que ha mejorado la movilidad y la calidad de vida de las comunidades en zonas de difícil acceso (Brand & Dávila, 2011). Además, la ciudad ha impulsado la creación de espacios públicos y centros de innovación, como el Parque de la Vida y el Parque Explora, que promueven la educación, la cultura y el emprendimiento en la ciudad.

Sidney, en Australia, es otro caso destacado de ciudad inteligente, con un enfoque en la resiliencia climática y la sostenibilidad (City of Sidney, 2017). La ciudad ha implementado estrategias de adaptación al cambio climático, como la construcción de infraestructuras verdes y la promoción de la gestión sostenible del agua. Además, Sidney ha desarrollado un programa de eficiencia energética para edificios, con el objetivo de reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la construcción (City of Sidney, Sustainable Sydney 2030, 2016).

Estos ejemplos de ciudades inteligentes en todo el mundo demuestran cómo la implementación de tecnologías y estrategias innovadoras puede mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y promover un desarrollo urbano sostenible y eficiente. Aunque cada ciudad enfrenta desafíos y contextos específicos, estos casos prácticos pueden servir como inspiración y guía para otras ciudades que buscan transformarse en ciudades inteligentes y enfrentar los retos del siglo XXI.

5. Economía y empresas en las ciudades inteligentes

5.1. Innovación empresarial y emprendimiento

La innovación empresarial y el emprendimiento son aspectos fundamentales en el desarrollo de las ciudades inteligentes, ya que impulsan la economía local y promueven la creación de empleo, la adopción de nuevas tecnologías y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos (Caragliu & Del Bo, 2020). La transformación de las ciudades en entornos más inteligentes y sostenibles ofrece oportunidades y desafíos para las empresas y los emprendedores, quienes deben adaptarse a un entorno cambiante y competitivo y contribuir al logro de los objetivos de sostenibilidad y resiliencia en las ciudades (Letaifa, 2015).

El ecosistema de innovación en las ciudades inteligentes se caracteriza por la colaboración entre empresas, instituciones de investigación y educación, y entidades públicas, con el objetivo de generar conocimiento y soluciones innovadoras que aborden los desafíos urbanos (Komninos y otros, 2013). Las empresas, tanto grandes corporaciones como pequeñas y medianas empresas (PYMEs) y startups, desempeñan un papel clave en este ecosistema, a través de la creación y comercialización de productos y servicios basados en tecnologías de la información y

comunicación (TIC), energías renovables, movilidad sostenible, entre otras áreas (Yigitcanlar y otros, 2015).

Uno de los principales factores que impulsan la innovación empresarial y el emprendimiento en las ciudades inteligentes es la disponibilidad y accesibilidad de datos abiertos y de gran calidad (Harrison y otros, 2012). El acceso a datos generados por sensores, dispositivos y sistemas de información en tiempo real permite a las empresas desarrollar soluciones basadas en análisis de datos y aplicaciones de inteligencia artificial, que pueden mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las ciudades (Bibri & Krogstie, 2017). La colaboración entre empresas y entidades públicas en el desarrollo de plataformas y aplicaciones de datos abiertos también puede promover la transparencia, la participación ciudadana y la co-creación de soluciones urbanas (Luna-Reyes y otros, 2014).

Además, el apoyo a la innovación y el emprendimiento en las ciudades inteligentes se ve reforzado por políticas y programas de financiamiento, incubación y aceleración, que buscan fomentar el desarrollo y crecimiento de empresas y proyectos innovadores en áreas clave de la economía urbana (Mora y otros, 2017). Estos programas pueden incluir subvenciones, créditos, asesoramiento técnico y legal, capacitación y acceso a redes de colaboración, con el objetivo de mejorar la competitividad y la capacidad de innovación de las empresas en el contexto de las ciudades inteligentes (Deakin & Al Waer, 2011).

Asimismo, la promoción de la economía circular y modelos de negocio sostenibles en las ciudades inteligentes representa una oportunidad para que las empresas adopten enfoques más innovadores y responsables en la producción y consumo de bienes y servicios (Ghisellini y otros, 2016). La implementación de estrategias de economía circular en sectores como la construcción, la energía, el transporte y la gestión de residuos puede contribuir a la reducción de la huella ambiental de las actividades económicas y al desarrollo de soluciones más resilientes y sostenibles en las ciudades (Bibri & Krogstie, 2017).

En este contexto, la colaboración y la integración entre empresas de diferentes sectores y áreas de especialización son fundamentales para el desarrollo de soluciones holísticas y eficientes que aborden los desafíos y oportunidades de las ciudades inteligentes (Trindade y otros, 2017). La creación de redes y alianzas entre empresas, así como la colaboración con universidades, centros de investigación y entidades públicas, puede facilitar el intercambio de conocimientos, recursos y capacidades y fomentar la innovación y el emprendimiento en el ámbito de las ciudades inteligentes (Lombardi y otros, 2012).

En este sentido, el desarrollo de clusters de innovación y distritos de tecnología en las ciudades inteligentes puede ser un enfoque efectivo para impulsar la colaboración entre empresas y otros actores del ecosistema de innovación (Delgado y otros, 2014). Estos espacios geográficamente concentrados pueden fomentar la sinergia y la cooperación entre empresas, instituciones de investigación y educación y entidades públicas, promoviendo la generación de empleo, la atracción de inversiones y el crecimiento económico en las ciudades (Makkonen y otros, 2014).

El papel del sector público en el apoyo al emprendimiento y la innovación empresarial en las ciudades inteligentes también es fundamental, ya que las autoridades locales y regionales pueden establecer condiciones favorables para el desarrollo de empresas y proyectos innovadores a través de la regulación, la planificación y las políticas públicas (Hollands, 2008). La adopción de enfoques de contratación pública innovadora y la implementación de políticas de fomento al emprendimiento y la innovación pueden estimular la demanda de soluciones tecnológicas y sostenibles en las ciudades y generar oportunidades de negocio para las empresas y emprendedores (Edquist & Zabala-Iturriagagoitia, 2012).

La innovación empresarial y el emprendimiento son componentes esenciales en el desarrollo de ciudades inteligentes, al proporcionar las bases para una economía local sólida, promover la creación de empleo y fomentar la adopción de nuevas tecnologías y enfoques sostenibles. La colaboración entre empresas, instituciones de investigación y educación, y entidades públicas es clave para abordar los desafíos urbanos y generar soluciones innovadoras en áreas como las TIC, energías renovables y movilidad sostenible. El acceso a datos abiertos y de calidad, junto con políticas y programas de financiamiento e incubación, contribuyen al desarrollo y crecimiento de empresas y proyectos innovadores en el ámbito de las ciudades inteligentes. La promoción de modelos de negocio sostenibles y la implementación de estrategias de economía circular permiten a las empresas adoptar enfoques más responsables y resilientes, mientras que la colaboración y la integración entre diferentes sectores y áreas de especialización facilitan el desarrollo de soluciones holísticas y eficientes. Finalmente, el papel del sector público en la creación de condiciones favorables para la innovación y el emprendimiento es fundamental para garantizar un entorno propicio para el crecimiento y la prosperidad de las ciudades inteligentes.

5.2. Turismo y cultura en las ciudades inteligentes

El turismo y la cultura son sectores fundamentales para el desarrollo económico y social de las ciudades inteligentes, ya que no solo generan ingresos y empleo, sino que también enriquecen la vida de los ciudadanos y visitantes, promoviendo la diversidad cultural y la preservación del patrimonio (Richards, 2013). En este contexto, las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y la innovación empresarial desempeñan un papel clave en la transformación del turismo y la cultura hacia modelos más sostenibles, inclusivos y competitivos (Gretzel y otros, 2015).

El turismo inteligente se basa en la utilización de las TIC para mejorar la experiencia turística, optimizar la gestión de los recursos turísticos y culturales, y promover la sostenibilidad y la accesibilidad en el sector (Boes y otros, 2016). Las ciudades inteligentes pueden aprovechar las tecnologías digitales y la conectividad para desarrollar aplicaciones y servicios que faciliten la planificación de viajes, la información turística en tiempo real, la reserva de alojamiento y actividades, así como la personalización de las experiencias turísticas (Neuhofer y otros, 2019). Además, la integración de sistemas de información geográfica (SIG), realidad virtual y aumentada, y tecnologías de localización en aplicaciones y plataformas turísticas puede enriquecer la visita a monumentos, museos y sitios de interés, ofreciendo información contextualizada y experiencias inmersivas.

El uso de big data y análisis de datos en el turismo inteligente también puede mejorar la toma de decisiones y la gestión de los destinos turísticos, permitiendo a las autoridades locales y empresas del sector identificar patrones de comportamiento, preferencias y demanda de los visitantes, y adaptar la oferta turística y cultural en consecuencia (Li y otros, 2018). Por ejemplo, la monitorización y análisis de las redes sociales y las opiniones de los usuarios pueden proporcionar información valiosa sobre la satisfacción y las expectativas de los turistas, contribuyendo a la mejora de los servicios y la promoción del destino (Xiang y otros, 2017).

Por otro lado, la cultura inteligente se refiere a la utilización de las TIC y la innovación empresarial para promover el acceso, la participación y la creatividad en el ámbito cultural, así como para preservar y difundir el patrimonio cultural y artístico (Bakhshi & Throsby, 2012). La digitalización y la tecnología pueden facilitar la creación, distribución y consumo de contenidos culturales, como música, cine, teatro, literatura y artes visuales, y generar nuevas oportunidades de negocio y modelos de financiación para los creadores y las industrias culturales (Cunningham y otros, 2016).

Además, las plataformas digitales y las redes sociales pueden ser utilizadas para fomentar la colaboración y la co-creación entre artistas, profesionales del sector

cultural y ciudadanos, así como para impulsar la internacionalización y la diversidad cultural en las ciudades inteligentes (Klichowski y otros, 2015). La adopción de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial, el blockchain y el internet de las cosas (IoT), también puede revolucionar la producción, gestión y difusión de contenidos culturales y patrimoniales, permitiendo el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles para enfrentar los desafíos del sector (Thompson y otros, 2020).

En el ámbito del patrimonio cultural, las ciudades inteligentes pueden utilizar las TIC para la conservación, documentación y puesta en valor de sitios históricos y monumentos, así como para mejorar la gestión y promoción de los museos y las instituciones culturales (Pujol y otros, 2014). La digitalización de archivos, colecciones y obras de arte, junto con el uso de tecnologías de visualización y realidad virtual, puede facilitar el acceso y la difusión del patrimonio cultural a nivel global, fomentando la educación y el turismo cultural.

La gamificación y las aplicaciones educativas basadas en tecnologías digitales también pueden ser empleadas para promover la participación activa de los ciudadanos y visitantes en la cultura y el patrimonio, fomentando la apropiación y el aprendizaje de la historia y la identidad local. Por ejemplo, la creación de rutas culturales y turísticas interactivas y la utilización de aplicaciones móviles y dispositivos de geolocalización pueden enriquecer la experiencia del público y facilitar el descubrimiento de lugares y manifestaciones culturales menos conocidas.

Las iniciativas de economía colaborativa y modelos de negocio basados en plataformas digitales también pueden contribuir al desarrollo del turismo y la cultura en las ciudades inteligentes, proporcionando nuevas formas de alojamiento, transporte, intercambio de experiencias y consumo cultural (Sigala, 2017). Sin embargo, es necesario garantizar que estos modelos sean sostenibles e inclusivos, evitando la precarización laboral, la gentrificación y la masificación turística, y promoviendo la responsabilidad social y ambiental en el sector.

En este sentido, la colaboración entre las empresas, las instituciones culturales y turísticas, y las autoridades locales es fundamental para el diseño y la implementación de estrategias y políticas públicas que impulsen la innovación y la sostenibilidad en el turismo y la cultura. La creación de redes y alianzas entre los actores del ecosistema de turismo y cultura, así como la participación de la comunidad local, pueden potenciar la resiliencia, la diversidad y la competitividad de los destinos turísticos y culturales en las ciudades inteligentes.

5.3. Industria 4.0 y transformación digital

La Industria 4.0 y la transformación digital constituyen un componente esencial en el desarrollo de las ciudades inteligentes, impulsando la adopción de tecnologías emergentes, la optimización de procesos industriales y la creación de valor en la economía y el empleo (Liao y otros, 2017). En este contexto, las empresas y las instituciones públicas deben colaborar y adaptarse a las nuevas tendencias y desafíos del entorno digital, fomentando la innovación, la sostenibilidad y la competitividad en el sector industrial.

La Industria 4.0 se refiere al conjunto de tecnologías y enfoques que permiten la digitalización y la interconexión de los sistemas de producción, como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robótica, la fabricación aditiva (impresión 3D), la realidad virtual y aumentada, y el análisis de big data. Estas tecnologías facilitan la creación de fábricas inteligentes y sistemas ciberfísicos, en los cuales los equipos, los productos y los procesos están interconectados y se comunican en tiempo real, permitiendo una mayor eficiencia, flexibilidad y personalización en la producción (Hermann y otros, 2016).



Figura 6. Industria 4.0. Creada por los autores.

La transformación digital de la industria se basa en la integración de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la cadena de valor de las

empresas, incluyendo la gestión de recursos, la logística, la comercialización, el servicio al cliente y la innovación. Esta integración permite a las empresas mejorar su capacidad para tomar decisiones basadas en datos, adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda y el mercado, y desarrollar nuevos productos y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes y las expectativas de los consumidores (Vaidya y otros, 2018).

La adopción de la Industria 4.0 y la transformación digital en las ciudades inteligentes implica también un cambio en la forma en que las empresas se organizan y se relacionan con sus empleados, proveedores, clientes y socios. La digitalización de los procesos y la automatización de las tareas pueden generar desafíos en términos de empleo, competencias y formación, así como de privacidad y seguridad de la información (Makridakis, 2017). Por tanto, es necesario desarrollar estrategias y políticas que promuevan la formación y la adaptación de los trabajadores a las nuevas competencias digitales, y que garanticen la protección de los datos y la confidencialidad en el entorno empresarial (Bresnahan & Trajtenberg, 1995).

La sostenibilidad ambiental es otro aspecto clave en la implementación de la Industria 4.0 y la transformación digital en las ciudades inteligentes (Stock & Seliger, 2016). Las tecnologías emergentes pueden contribuir a la optimización del uso de recursos y energía, la reducción de residuos y emisiones, y la promoción de la economía circular y la responsabilidad social en la industria (Ghisellini y otros, 2016). Por ejemplo, la monitorización y control de los procesos industriales mediante sensores y sistemas IoT pueden mejorar la eficiencia energética y minimizar el impacto ambiental de las actividades productivas (Mourtzis y otros, 2016).

Además, la transformación digital y la Industria 4.0 pueden impulsar la creación de nuevos modelos de negocio y la diversificación de la economía en las ciudades inteligentes (Dombrowski & Wagner, 2014). Las plataformas digitales y las redes empresariales pueden facilitar la colaboración y la innovación entre empresas, instituciones de investigación y actores públicos, permitiendo el desarrollo de soluciones tecnológicas y de conocimiento que generen valor y competitividad en el mercado global.

La adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y la transformación digital también puede favorecer la inclusión y la equidad en el acceso a oportunidades económicas y laborales en las ciudades inteligentes (Zhong y otros, 2016). Por ejemplo, la digitalización de los servicios públicos y la promoción de la formación en competencias digitales pueden mejorar la empleabilidad y la movilidad laboral de los ciudadanos, especialmente en los sectores más vulnerables de la población.

Por otro lado, la implementación de la Industria 4.0 y la transformación digital en las ciudades inteligentes plantea retos y riesgos en términos de regulación y gobernanza (Oesterreich & Teuteberg, 2016). La evolución rápida de las tecnologías y las prácticas empresariales requiere de un marco normativo y de políticas públicas que garanticen la protección de los derechos y el interés de los ciudadanos, así como la promoción de la innovación y la inversión en el sector industrial.

En este sentido, las autoridades locales y los actores del ecosistema empresarial deben colaborar en el diseño y la implementación de estrategias y programas que aborden los desafíos y oportunidades de la Industria 4.0 y la transformación digital en las ciudades inteligentes. La cooperación entre empresas, universidades y centros de investigación, así como la participación activa de la sociedad civil, puede contribuir a la creación de una visión compartida y a la generación de soluciones innovadoras y sostenibles para enfrentar los retos del futuro industrial (Bauernhansl y otros, 2014).

En síntesis, la Industria 4.0 y la transformación digital son elementos fundamentales para el progreso de las ciudades inteligentes, permitiendo la integración de tecnologías avanzadas, la optimización de procesos industriales y la generación de valor económico y empleo. La colaboración entre empresas, instituciones públicas y otros actores del ecosistema es crucial para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades que brindan estas nuevas tendencias en el ámbito digital. Al fomentar la innovación, la sostenibilidad y la competitividad en el sector industrial, se pueden lograr importantes beneficios en términos de eficiencia, flexibilidad y personalización en la producción, así como en la inclusión y equidad en el acceso a oportunidades económicas y laborales. Sin embargo, también es fundamental abordar los retos y riesgos asociados con la regulación y la gobernanza, garantizando la protección de los derechos e intereses de los ciudadanos y promoviendo un marco normativo y políticas públicas adecuadas para el desarrollo sostenible y equitativo de las ciudades inteligentes en la era de la Industria 4.0 y la transformación digital.

5.4. Empleo y trabajo en las ciudades inteligentes

El crecimiento de las ciudades inteligentes ha generado una serie de cambios en la estructura económica y en las prácticas empresariales. Uno de los aspectos clave de estas transformaciones es el empleo y el trabajo en las ciudades inteligentes, donde la adopción de nuevas tecnologías y enfoques, como la Industria 4.0 y la transformación digital, ha generado oportunidades y desafíos para las empresas y los trabajadores (Zhong y otros, 2016).

En este contexto, las ciudades inteligentes buscan generar empleos de calidad y promover la inclusión social a través de la adopción de tecnologías emergentes y la innovación en los procesos productivos y de gestión (Chui y otros, 2018). Asimismo, las empresas en las ciudades inteligentes deben enfrentar una serie de retos en términos de empleo, competencias y formación, así como de privacidad y seguridad de la información (Makridakis, 2017).

Una de las principales características del empleo en las ciudades inteligentes es la creciente demanda de competencias digitales y tecnológicas, así como de habilidades de resolución de problemas, creatividad y pensamiento crítico (Bresnahan & Trajtenberg, 1995). Estas competencias son fundamentales para la adaptación de los trabajadores a las nuevas tecnologías y enfoques, como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robótica y el análisis de big data.

En este sentido, la formación y el desarrollo de competencias digitales es un aspecto clave para mejorar la empleabilidad y la movilidad laboral de los ciudadanos, especialmente en los sectores más vulnerables de la población (Chui y otros, 2018). La colaboración entre empresas, instituciones educativas y gobiernos es fundamental para diseñar e implementar programas de capacitación y educación que preparen a los trabajadores para enfrentar los desafíos y oportunidades de la economía digital (Bauernhansl y otros, 2014).

El empleo en las ciudades inteligentes también se ve afectado por la automatización y la digitalización de los procesos productivos y de gestión, lo cual puede generar desplazamiento de empleos y cambios en la estructura ocupacional (Makridakis, 2017). La automatización puede provocar la desaparición de empleos en tareas rutinarias y repetitivas, al tiempo que genera nuevas oportunidades laborales en áreas de mayor especialización y conocimiento técnico.

En este escenario, las empresas y los gobiernos deben desarrollar estrategias y políticas que faciliten la transición de los trabajadores hacia empleos de mayor valor agregado y que promuevan la creación de empleo en sectores de alto crecimiento y potencial innovador (Autor y otros, 2015). Por ejemplo, la promoción de la economía circular y la sostenibilidad ambiental puede generar nuevas oportunidades de empleo en actividades relacionadas con la gestión de residuos, la eficiencia energética y la producción de energías renovables (Ghisellini y otros, 2016).

Además, la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y la transformación digital en las ciudades inteligentes puede impulsar la creación de nuevos modelos de negocio y la diversificación de la economía (Dombrowski & Wagner, 2014). Las plataformas digitales y las redes empresariales pueden facilitar la colaboración y la

innovación entre empresas, instituciones de investigación y actores públicos, lo que puede generar empleo y fomentar el emprendimiento en sectores emergentes y estratégicos.

La digitalización de los servicios públicos y la promoción de la formación en competencias digitales también pueden mejorar la inclusión y la equidad en el acceso a oportunidades económicas y laborales en las ciudades inteligentes (Chui y otros, 2018). La utilización de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la prestación de servicios de empleo y formación puede facilitar el acceso a recursos y herramientas de capacitación para los ciudadanos, así como la identificación de oportunidades laborales en línea (Brettel y otros, 2014).

Por otro lado, la implementación de la Industria 4.0 y la transformación digital en las ciudades inteligentes plantea retos y riesgos en términos de regulación y gobernanza (Oesterreich & Teuteberg, 2016). La rápida evolución de las tecnologías y las prácticas empresariales requiere de un marco normativo y de políticas públicas que garanticen la protección de los derechos y el interés de los trabajadores, así como la promoción de la innovación y la inversión en el sector industrial.

En este sentido, las autoridades locales y los actores del ecosistema empresarial deben colaborar en el diseño y la implementación de estrategias y programas que aborden los desafíos y oportunidades del empleo y el trabajo en las ciudades inteligentes. La cooperación entre empresas, universidades y centros de investigación, así como la participación activa de la sociedad civil, puede contribuir a la creación de una visión compartida y a la generación de soluciones innovadoras y sostenibles para enfrentar los retos del futuro laboral (Bauernhansl y otros, 2014).

La adopción de enfoques flexibles y adaptativos en la gestión del empleo y el trabajo en las ciudades inteligentes también es esencial para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades de la economía digital (Vaidya y otros, 2018). Las empresas deben ser capaces de adaptarse rápidamente a los cambios en la demanda y el mercado, y de desarrollar nuevos productos y servicios que satisfagan las necesidades de los trabajadores y las expectativas de los consumidores.

6. Educación, sanidad, política, legislación y normativa adaptada

6.1. La educación en las ciudades inteligentes

La educación en las ciudades inteligentes es un elemento crucial para garantizar un desarrollo sostenible y equitativo en el contexto de la creciente digitalización y la adopción de nuevas tecnologías. La transformación digital y la evolución hacia una economía basada en el conocimiento requieren que las instituciones educativas y los sistemas de formación se adapten y respondan a las demandas cambiantes de habilidades y competencias. En este marco, la educación en las ciudades inteligentes debe ser inclusiva, flexible y orientada hacia la innovación y la creatividad, promoviendo el aprendizaje a lo largo de toda la vida y la colaboración entre diferentes actores e instituciones (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013).

Uno de los principales desafíos en la educación en las ciudades inteligentes es la necesidad de adaptar los currículos y los métodos de enseñanza a las competencias requeridas en la era digital y la economía del conocimiento (Binkley y otros, 2012). Esto incluye el desarrollo de habilidades digitales y tecnológicas, así como la promoción de competencias transversales, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la colaboración (Trilling & Fadel, 2009). La integración de estas habilidades en la educación puede facilitar la adaptación de los estudiantes

a las demandas cambiantes del mercado laboral y a los desafíos y oportunidades de la sociedad digital.

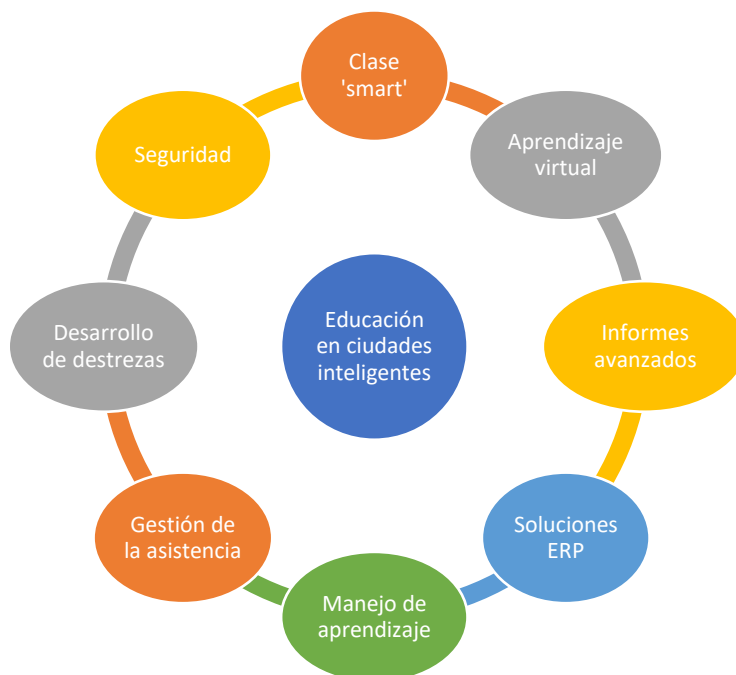


Figura 7. Educación on-line. Creada por los autores.

La educación en ciudades inteligentes abarca una amplia gama de aspectos tecnológicos e innovadores para mejorar la experiencia de aprendizaje (figura 7). Las clases "smart" incorporan dispositivos interactivos y herramientas digitales para facilitar la enseñanza y el aprendizaje colaborativo. El aprendizaje virtual permite a los estudiantes acceder a recursos educativos en línea y participar en cursos a distancia. Los informes avanzados y las soluciones ERP (Enterprise Resource Planning) ofrecen a las instituciones educativas una visión detallada del rendimiento de los estudiantes y la eficiencia de la gestión. El manejo del aprendizaje se ve optimizado mediante el uso de sistemas de gestión del aprendizaje que personalizan el contenido y facilitan el seguimiento del progreso de cada estudiante. La gestión de la asistencia se simplifica mediante sistemas digitales que monitorean y registran automáticamente la presencia de los alumnos. El desarrollo de destrezas es fomentado a través de plataformas en línea y recursos interactivos que permiten a los estudiantes adquirir habilidades relevantes para su futuro profesional. La seguridad es también una preocupación clave en la educación en ciudades inteligentes, garantizando la protección de la información personal y la integridad de los sistemas educativos en un entorno cada vez más digitalizado.

La utilización de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación es un factor clave para impulsar la innovación y la calidad en la enseñanza y el aprendizaje en las ciudades inteligentes. La adopción de herramientas digitales, como las plataformas de aprendizaje en línea, los entornos virtuales de aprendizaje y las tecnologías de aprendizaje adaptativo, pueden mejorar el acceso a la educación y la formación, así como personalizar y enriquecer la experiencia educativa. Además, la utilización de recursos educativos abiertos (REA) y la promoción de la educación abierta pueden contribuir a la democratización del conocimiento y a la equidad en el acceso a oportunidades de aprendizaje.

La colaboración entre instituciones educativas, empresas y actores públicos es fundamental para el desarrollo de la educación en las ciudades inteligentes. La creación de ecosistemas de aprendizaje y la formación de redes de cooperación entre escuelas, universidades, centros de investigación, empresas y gobiernos pueden fomentar la innovación y la transferencia de conocimientos, así como mejorar la pertinencia y la calidad de la educación. La colaboración también puede facilitar la implementación de programas de formación y educación dual, que combinan la enseñanza teórica con la experiencia práctica en el ámbito laboral, mejorando la empleabilidad y la adquisición de habilidades relevantes para el mercado laboral.

La educación en las ciudades inteligentes también debe abordar el desafío de reducir la brecha digital y garantizar la inclusión y la equidad en el acceso a la tecnología y las oportunidades educativas (Van Dijk, 2013). Esto implica la implementación de políticas y programas dirigidos a mejorar la infraestructura tecnológica en las escuelas y comunidades, así como a proporcionar apoyo y recursos a los estudiantes y docentes que enfrentan barreras económicas, sociales o culturales en el uso de las TIC (Warschauer & Matuchniak, 2010). Además, la promoción de la diversidad y la inclusión en la educación puede contribuir al empoderamiento de grupos marginados y al desarrollo de competencias interculturales y de ciudadanía global (Banks, 2008).

La formación y el desarrollo profesional de los docentes son aspectos esenciales para garantizar la calidad y la innovación en la educación en las ciudades inteligentes (Darling-Hammond, 2017). Los docentes deben estar capacitados y actualizados en el uso de las TIC y las metodologías pedagógicas innovadoras, así como en la promoción de habilidades y competencias relevantes para la era digital (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010). La creación de comunidades de práctica y el apoyo a la colaboración entre docentes pueden facilitar el intercambio de experiencias y la mejora continua de la enseñanza y el aprendizaje (Lave & Wenger, 1991).

En el contexto de las ciudades inteligentes, la educación también debe abordar los desafíos y oportunidades asociados con la sostenibilidad y el desarrollo urbano. La integración de enfoques y contenidos relacionados con la sostenibilidad ambiental, la economía circular y la gobernanza urbana en los currículos y programas educativos puede contribuir a la formación de ciudadanos conscientes y comprometidos con el desarrollo sostenible y la calidad de vida en las ciudades inteligentes (Wals, 2014). Además, la participación activa de los estudiantes en proyectos y actividades relacionadas con la sostenibilidad y el desarrollo urbano puede fomentar el aprendizaje basado en la experiencia y la adquisición de habilidades prácticas y de liderazgo.

El fomento del emprendimiento y la innovación en la educación es otro aspecto clave para impulsar el crecimiento económico y la diversificación en las ciudades inteligentes (Gibb, 2011). La integración de contenidos y actividades relacionadas con el emprendimiento, la innovación y la gestión de proyectos en los programas educativos puede contribuir al desarrollo de habilidades empresariales y a la promoción de una cultura de innovación y creatividad entre los estudiantes (Wilson y otros, 2009). Además, la colaboración entre instituciones educativas y empresas puede facilitar la creación de espacios de coworking, incubadoras y aceleradoras de negocios que apoyen el emprendimiento y la generación de empleo en sectores emergentes y estratégicos (Mian y otros, 2016).

6.2. La sanidad y la atención médica en las ciudades inteligentes

La Internet de las Cosas Médicas (IoMT, por sus siglas en inglés), es una aplicación especializada de la Internet de las Cosas (IoT) que se centra en la interconexión de dispositivos tecnológicos en el ámbito de la atención sanitaria. Este concepto incluye el uso de dispositivos médicos conectados a internet, aplicaciones de salud, sistemas de registros médicos electrónicos y otras tecnologías relacionadas que recopilan, analizan y transmiten datos de salud en tiempo real. Estos datos se utilizan para mejorar la atención al paciente, aumentar la eficiencia de los servicios de salud, facilitar la monitorización remota y el autocuidado de los pacientes, y proporcionar información valiosa para la investigación y el desarrollo en el ámbito médico.

La sanidad y la atención médica en las ciudades inteligentes son aspectos fundamentales para garantizar la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes. La creciente digitalización y la incorporación de nuevas tecnologías en el ámbito de la salud permiten mejorar la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y el seguimiento

de enfermedades, así como optimizar la gestión y la coordinación de los servicios de atención médica (Topol, 2012). En este sentido, las ciudades inteligentes deben adoptar enfoques innovadores y centrados en el paciente para enfrentar los desafíos y oportunidades que presenta la transformación digital en el sector de la salud (Kellermann & Jones, 2013), algunas de las aplicaciones de las que se sirve la sanidad Smart se muestra en la figura 8.

Una de las principales tendencias en la atención médica en las ciudades inteligentes es la telemedicina, que implica el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para brindar servicios de salud a distancia (Bashshur y otros, 2011). La telemedicina permite ampliar el acceso a la atención médica a poblaciones que enfrentan barreras geográficas, económicas o sociales, así como facilitar la consulta y la colaboración entre profesionales de la salud (Wootton y otros, 2011). Además, la telemedicina puede mejorar la calidad de la atención al permitir la monitorización remota de pacientes con enfermedades crónicas, reduciendo así la necesidad de hospitalizaciones y visitas frecuentes al médico.

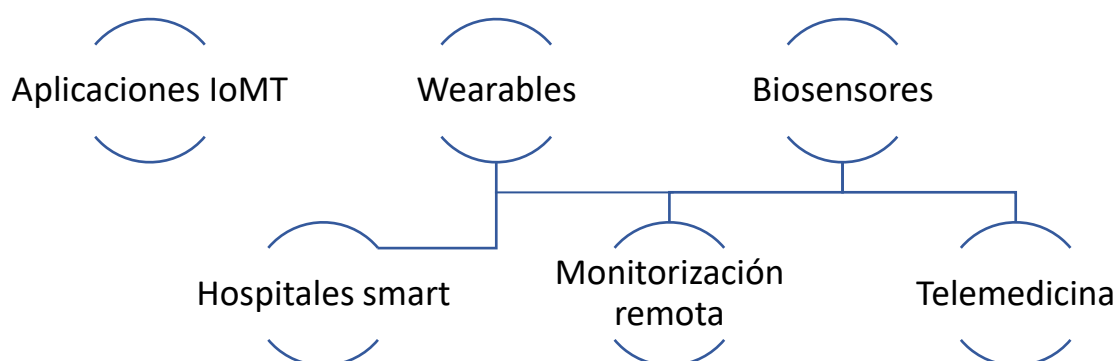


Figura 8. Aplicaciones y usos claves del Internet de las Cosas Médicas.
Creada por los autores.

La adopción de sistemas electrónicos de salud, como los registros electrónicos de pacientes y los sistemas de información hospitalaria, es otro aspecto clave en la atención médica en las ciudades inteligentes (Menachemi & Collum, 2011). Estos sistemas permiten la gestión eficiente y segura de la información de salud, así como la interoperabilidad entre diferentes proveedores de atención médica, lo que facilita la coordinación y la continuidad de la atención. Además, el análisis de datos de salud a gran escala puede proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la

gestión de la salud pública y la identificación de factores de riesgo y oportunidades de prevención (Krumholz, 2014).

La integración de la inteligencia artificial (IA) y la tecnología de aprendizaje automático en la atención médica ofrece nuevas oportunidades para mejorar la precisión y la eficiencia de los diagnósticos y tratamientos en las ciudades inteligentes (Jiang y otros, 2017). La IA puede ayudar a los médicos a identificar patrones y relaciones en grandes conjuntos de datos, lo que puede ser útil en la detección temprana de enfermedades y la identificación de tratamientos personalizados (Esteva y otros, 2019). Además, la IA puede facilitar la automatización de tareas administrativas y de rutina, lo que permite a los profesionales de la salud centrarse en la atención directa al paciente y la toma de decisiones clínicas (Obermeyer & Emanuel, 2016).

La atención médica en las ciudades inteligentes también debe abordar la creciente demanda de atención centrada en el paciente y la participación activa de los usuarios en la gestión de su salud (Swan, 2012). La incorporación de dispositivos de monitoreo personal y aplicaciones de salud móviles (mHealth) puede facilitar el empoderamiento de los pacientes y la adopción de comportamientos saludables, así como mejorar la adherencia a tratamientos y la comunicación entre pacientes y profesionales de la salud (Kumar y otros, 2020a). Además, la atención médica personalizada y basada en datos, que combina información genómica, clínica y ambiental, puede contribuir al desarrollo de intervenciones más efectivas y adaptadas a las necesidades individuales de cada paciente (Hood & Friend, 2011).

En el contexto de las ciudades inteligentes, la prevención y la promoción de la salud son esenciales para reducir la carga de enfermedades y mejorar la calidad de vida de la población. La utilización de herramientas digitales y la explotación de datos de salud pública pueden contribuir a la identificación de factores de riesgo y la implementación de políticas y programas de prevención eficaces y basados en evidencia (Brownson y otros, 2018). Además, la colaboración entre instituciones de salud, gobiernos, empresas y organizaciones de la sociedad civil puede facilitar la promoción de estilos de vida saludables y la creación de entornos urbanos que favorezcan la salud y el bienestar (Rydin y otros, 2012).

La atención médica en las ciudades inteligentes también debe enfrentar el desafío de garantizar la equidad y la inclusión en el acceso a la tecnología y los servicios de salud (Fiscella & Williams, 2004). Esto implica la implementación de políticas y programas dirigidos a mejorar la infraestructura tecnológica y la capacitación en el uso de las TIC en comunidades desfavorecidas, así como la promoción de modelos de

atención médica que consideren las diferencias culturales y socioeconómicas entre los usuarios (Marmot, 2015). Además, la atención médica en las ciudades inteligentes debe abordar la diversidad y la inclusión en la formación y el desarrollo profesional de los trabajadores de la salud, para garantizar la disponibilidad y la calidad de la atención en todos los niveles y áreas de especialización.

La investigación y la innovación en la atención médica son fundamentales para el desarrollo de las ciudades inteligentes y la adaptación a los desafíos y oportunidades que presenta la transformación digital. La colaboración entre universidades, centros de investigación, hospitales y empresas puede impulsar la generación de nuevos conocimientos, tecnologías y tratamientos que mejoren la eficiencia, la calidad y la accesibilidad de la atención médica (Chesbrough, 2003). Además, la creación de ecosistemas de innovación y la formación de redes de cooperación entre actores públicos y privados pueden fomentar la transferencia de conocimientos y tecnología, así como la adopción de enfoques interdisciplinarios y basados en la colaboración para abordar los desafíos y necesidades de la atención médica en las ciudades inteligentes (Cooke, 2005).

La sanidad y la atención médica en las ciudades inteligentes se benefician de la incorporación de nuevas tecnologías y enfoques innovadores que mejoran la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y el seguimiento de enfermedades, así como la gestión y coordinación de los servicios de atención médica. Al mismo tiempo, es fundamental garantizar la equidad, la inclusión y la atención centrada en el paciente, así como promover la investigación, la innovación y la colaboración entre actores públicos y privados para enfrentar los desafíos y oportunidades que presenta la transformación digital en el sector de la salud.

6.3. Políticas y regulaciones necesarias para las ciudades inteligentes

Las ciudades inteligentes buscan mejorar la calidad de vida de sus habitantes mediante la integración de tecnologías y soluciones innovadoras en la gestión urbana y en la prestación de servicios públicos. Para lograr este objetivo, es crucial contar con políticas y regulaciones adecuadas que fomenten la innovación, la colaboración entre actores públicos y privados y la protección de los derechos y la privacidad de los ciudadanos (Bibri & Krogstie, 2017). En este sentido, las políticas y regulaciones necesarias para las ciudades inteligentes deben abordar diversos aspectos, incluyendo el fomento de la inversión en infraestructuras y tecnologías, la promoción de la inclusión y la equidad, y la garantía de la sostenibilidad y la resiliencia urbana (Angelidou, 2015).

Uno de los principales desafíos en el diseño e implementación de políticas y regulaciones para las ciudades inteligentes es la promoción de la inversión y la adopción de tecnologías y soluciones innovadoras en los diferentes sectores de la vida urbana, como la movilidad, la energía, la vivienda, la educación, la sanidad y la gestión de recursos (Hollands, 2015). Esto implica la creación de incentivos y mecanismos de financiamiento que favorezcan la inversión en infraestructuras y proyectos de innovación, así como la colaboración entre actores públicos y privados en el desarrollo y la implementación de tecnologías y servicios (Caragliu & Del Bo, 2020). Además, las políticas y regulaciones deben garantizar la interoperabilidad y la estandarización de las tecnologías y sistemas utilizados en las ciudades inteligentes, lo que facilita la integración y el intercambio de datos entre diferentes actores y aplicaciones (Kitchin, 2015).

La protección de la privacidad y la seguridad de los datos es otro aspecto fundamental en las políticas y regulaciones para las ciudades inteligentes, dada la creciente cantidad de información generada y compartida en el entorno urbano (Zuboff y otros, 2019). Las autoridades y reguladores deben establecer marcos legales y normativos que garanticen la protección de los derechos de los ciudadanos y la confidencialidad de la información personal, así como la prevención y el control de los riesgos asociados con la ciberseguridad y la vigilancia (Van Zoonen, 2016). Además, las políticas y regulaciones deben promover la transparencia y la rendición de cuentas en la gestión y el uso de los datos, así como fomentar la participación y la consulta de los ciudadanos en la toma de decisiones relacionadas con la implementación de tecnologías y servicios en las ciudades inteligentes.

La promoción de la inclusión y la equidad en las ciudades inteligentes es un aspecto esencial de las políticas y regulaciones necesarias para garantizar que los beneficios de la digitalización y la innovación sean accesibles y distribuidos equitativamente entre la población (Gil-Garcia y otros, 2016a). Esto incluye la implementación de medidas dirigidas a reducir la brecha digital y garantizar el acceso a la tecnología y los servicios de la información para todos los ciudadanos, independientemente de su edad, género, nivel socioeconómico o ubicación geográfica (Sadowski, 2020). Además, las políticas y regulaciones deben abordar la necesidad de garantizar la accesibilidad y la adaptabilidad de las infraestructuras y los servicios en las ciudades inteligentes para personas con discapacidades o necesidades especiales (Gretzel y otros, 2015).

La sostenibilidad y la resiliencia urbana son otros aspectos clave en las políticas y regulaciones para las ciudades inteligentes, ya que buscan abordar los desafíos asociados al cambio climático, la degradación del medio ambiente y la creciente

demanda de recursos (Bibri & Krogstie, 2017). En este sentido, las políticas y regulaciones deben promover la adopción de soluciones de eficiencia energética, la generación y el uso de energías renovables, la gestión sostenible de los recursos hídricos y la promoción de la movilidad sostenible y el transporte público (Chourabi y otros, 2012). Además, las políticas y regulaciones deben fomentar la planificación y el diseño urbano resiliente, que tenga en cuenta los riesgos y las vulnerabilidades asociadas a eventos extremos y desastres naturales, así como las medidas de adaptación y mitigación necesarias para enfrentarlos (Sharifi & Khavarian-Garmsir, 2019).

La gobernanza y la participación ciudadana también son aspectos fundamentales en las políticas y regulaciones para las ciudades inteligentes, ya que la implementación exitosa de soluciones innovadoras y tecnologías depende en gran medida del compromiso y la colaboración entre los diferentes actores involucrados en la vida urbana, incluidos los ciudadanos, las empresas, las organizaciones no gubernamentales y las instituciones públicas (Nam & Pardo, 2011). Las políticas y regulaciones deben promover la creación de espacios de diálogo y la cooperación entre estos actores, así como fomentar la participación ciudadana en la toma de decisiones y la evaluación de las iniciativas y proyectos de ciudad inteligente (Meijer & Bolívar, 2016).

Por último, las políticas y regulaciones para las ciudades inteligentes deben tener en cuenta la necesidad de garantizar la formación y el desarrollo de habilidades en la sociedad, para que los ciudadanos puedan aprovechar las oportunidades y enfrentar los desafíos que plantea la transformación digital (Kitchin, 2015). Esto implica la implementación de programas de educación y capacitación en áreas relacionadas con la tecnología, la innovación y la gestión de datos, así como el fomento de la investigación y el desarrollo en el ámbito de las ciudades inteligentes (Lombardi y otros, 2012).

Las políticas y regulaciones necesarias para las ciudades inteligentes deben abordar de manera integral y coherente los diversos aspectos y desafíos asociados a la implementación de tecnologías y soluciones innovadoras en la vida urbana, con el fin de garantizar la calidad de vida, la inclusión, la sostenibilidad y la resiliencia de las ciudades y sus habitantes.

6.4. Aspectos legales y de privacidad en las ciudades inteligentes

Los aspectos legales y de privacidad en las ciudades inteligentes son de vital importancia, ya que la creciente digitalización y la recopilación de datos en estos

entornos plantean desafíos y oportunidades en términos de protección de datos, seguridad y derechos de los ciudadanos. Es fundamental abordar estas cuestiones para garantizar la confianza y la aceptación de las iniciativas de ciudades inteligentes por parte de los ciudadanos, así como para cumplir con las normativas y legislaciones vigentes (Van Zoonen, 2016).

Uno de los principales retos en relación con la privacidad en las ciudades inteligentes es la recolección, almacenamiento y análisis de datos personales por parte de diferentes actores, incluidos gobiernos, empresas y organizaciones no gubernamentales. El uso de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y la analítica de datos masivos (big data) puede generar preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de la información personal de los ciudadanos (Sadowski, 2020).

En este contexto, es fundamental establecer marcos legales y regulaciones que garanticen la protección de la privacidad y los datos personales en las ciudades inteligentes. Por ejemplo, en la Unión Europea, el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) establece normas estrictas en materia de recopilación, almacenamiento y uso de datos personales, así como derechos de los ciudadanos en relación con el acceso, rectificación, supresión y portabilidad de sus datos (European Parliament and Council, 2016). Las ciudades inteligentes deben garantizar que sus iniciativas y proyectos cumplan con estas y otras regulaciones similares en todo el mundo (Kitchin, 2015).

Además, las ciudades inteligentes deben abordar el desafío de la ciberseguridad, ya que la creciente interconexión de dispositivos y sistemas digitales puede aumentar la vulnerabilidad a ataques cibernéticos y la exposición de datos sensibles. Es fundamental establecer medidas de seguridad adecuadas, como la encriptación de datos, la autenticación de usuarios y la monitorización continua de la red, para proteger la información y garantizar la resiliencia de los sistemas de ciudades inteligentes (Roman y otros, 2018).

El equilibrio entre la protección de la privacidad y la promoción de la innovación en las ciudades inteligentes también plantea desafíos legales y éticos. Por ejemplo, el uso de cámaras de vigilancia y sistemas de reconocimiento facial en espacios públicos puede generar preocupaciones sobre la privacidad y la vigilancia, así como cuestiones sobre el consentimiento y la transparencia en la recopilación y uso de datos (Zuboff y otros, 2019). Las ciudades inteligentes deben abordar estos problemas mediante la adopción de enfoques basados en la privacidad por diseño, que incorporen medidas

de protección de la privacidad y seguridad desde la concepción de los proyectos y sistemas.

La cooperación y la colaboración entre los diferentes actores involucrados en las ciudades inteligentes, incluidos gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales y ciudadanos, son fundamentales para abordar los aspectos legales y de privacidad en las ciudades inteligentes. El establecimiento de marcos de gobernanza inclusivos y participativos puede facilitar el diálogo y la toma de decisiones en relación con la privacidad, la seguridad y los derechos de los ciudadanos en el contexto de la digitalización urbana (Kitchin y otros, 2015).

La participación ciudadana en la toma de decisiones y el diseño de políticas también es crucial para garantizar que las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad sean abordadas de manera adecuada y para fomentar la confianza en las iniciativas de ciudades inteligentes (Hollands, 2015). Los enfoques de gobernanza basados en la transparencia, la responsabilidad y la participación pública pueden ayudar a garantizar que las ciudades inteligentes respeten los derechos y las preocupaciones de los ciudadanos en relación con la privacidad y la protección de datos.

Los aspectos legales y de privacidad en las ciudades inteligentes son fundamentales para garantizar la confianza y la aceptación por parte de los ciudadanos, así como para cumplir con las normativas y legislaciones vigentes. Las ciudades inteligentes deben abordar estos desafíos mediante la adopción de marcos legales y regulaciones adecuadas, la implementación de medidas de seguridad y protección de la privacidad, y la promoción de la participación y la colaboración entre los diferentes actores involucrados en la digitalización urbana.

7. Desafíos y riesgos de las ciudades inteligentes

7.1. Privacidad y seguridad

La creciente adopción de tecnologías y soluciones innovadoras en el ámbito de las ciudades inteligentes también plantea desafíos y riesgos en términos de privacidad y seguridad. El manejo de grandes volúmenes de datos, la conectividad y la interacción entre dispositivos y sistemas generan preocupaciones sobre la protección de la información personal y la salvaguarda de la infraestructura crítica. En este apartado, se explorarán los desafíos y riesgos asociados con la privacidad y la seguridad en las ciudades inteligentes, así como las medidas y enfoques que se están adoptando para abordar estos problemas.

En primer lugar, uno de los principales desafíos en el ámbito de la privacidad y seguridad en las ciudades inteligentes es el manejo y almacenamiento de datos personales (Baldini y otros, 2016). La creciente utilización de sensores, dispositivos de Internet de las cosas (IoT) y sistemas de análisis de datos en tiempo real genera una gran cantidad de información sobre los ciudadanos, incluyendo sus hábitos de movilidad, consumo energético y actividades diarias. Esta información, si no se gestiona adecuadamente, puede ser utilizada para fines indebidos o incluso para la vigilancia y el control social (Zuboff y otros, 2019).

Para abordar este desafío, es fundamental establecer políticas y regulaciones que protejan la privacidad de los ciudadanos y garanticen el uso ético y responsable de los datos. Por ejemplo, la Unión Europea ha implementado el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) para proteger los derechos y libertades fundamentales de los ciudadanos en relación con el tratamiento de sus datos personales (European Parliament and Council, 2016). Además, es importante fomentar la transparencia y la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre el uso y la gestión de los datos en las ciudades inteligentes (Kitchin y otros, 2015).

Otro desafío en el ámbito de la privacidad y seguridad en las ciudades inteligentes es la vulnerabilidad de los sistemas y dispositivos conectados a ciberataques y brechas de seguridad. La creciente interconexión de infraestructuras críticas, como redes de transporte y energía, así como la dependencia de las tecnologías digitales, aumentan el riesgo de ataques cibernéticos y la interrupción de servicios esenciales (Ulmer & Verdon, 2009).

Para enfrentar este riesgo, es crucial adoptar enfoques de seguridad proactivos y resilientes en el diseño e implementación de soluciones de ciudades inteligentes (Elmaghraby & Losavio, 2014). Esto incluye la incorporación de mecanismos de seguridad cibernética y la aplicación de buenas prácticas en el diseño de sistemas y dispositivos, como la autenticación de usuarios, la encriptación de datos y la actualización regular de software y firmware. Además, es importante fomentar la colaboración entre los actores involucrados en las ciudades inteligentes, como gobiernos, empresas y ciudadanos, para compartir información y conocimientos sobre las amenazas y vulnerabilidades cibernéticas y desarrollar estrategias de mitigación conjuntas (Dunn Cavelti. y otros, 2018).

Un aspecto adicional en la relación entre privacidad y seguridad en ciudades inteligentes es la necesidad de equilibrar la protección de datos personales y la seguridad pública. Las soluciones tecnológicas como la videovigilancia, el reconocimiento facial y el monitoreo de redes sociales pueden ser útiles para prevenir y abordar el crimen y otros problemas de seguridad, pero también pueden plantear preocupaciones sobre la privacidad y los derechos civiles. Para abordar este dilema, es necesario establecer marcos legales y éticos que garanticen un equilibrio adecuado entre la protección de la privacidad y la promoción de la seguridad pública en el contexto de las ciudades inteligentes.

Otra consideración importante en relación con la privacidad y la seguridad en las ciudades inteligentes es la inclusión digital y el acceso equitativo a las tecnologías y servicios inteligentes (Vanolo, 2014). El riesgo de que las ciudades inteligentes

aumenten la brecha digital y excluyan a ciertos grupos de población, como los ancianos, las personas con discapacidades y las comunidades desfavorecidas, puede generar tensiones sociales y agravar las preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad. Para garantizar la inclusión y equidad en el acceso a las soluciones de ciudades inteligentes, es esencial desarrollar estrategias de inclusión digital y promover la participación activa de todos los ciudadanos en el diseño, implementación y evaluación de estos proyectos.

7.2. Ética y responsabilidad

Además de los desafíos y riesgos en términos de privacidad y seguridad, las ciudades inteligentes también enfrentan desafíos éticos y de responsabilidad. Estos desafíos están relacionados con el uso ético y responsable de tecnologías y soluciones innovadoras, así como con el compromiso de garantizar que las ciudades inteligentes beneficien a todos los ciudadanos de manera equitativa. En este apartado, se explorarán los desafíos y riesgos asociados con la ética y la responsabilidad en las ciudades inteligentes, así como las medidas y enfoques que se están adoptando para abordar estos problemas.

Uno de los principales desafíos éticos en el contexto de las ciudades inteligentes es garantizar que la adopción de tecnologías y soluciones innovadoras no tenga efectos negativos en la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos (Bria, 2016). Por ejemplo, la automatización y la inteligencia artificial pueden mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los servicios urbanos, pero también pueden generar preocupaciones sobre la pérdida de empleo y la exclusión social. Para abordar este desafío, es importante promover un enfoque humanista y centrado en el ciudadano en el diseño e implementación de soluciones de ciudades inteligentes, asegurando que las tecnologías y los sistemas estén orientados a mejorar la calidad de vida y el bienestar de todos los ciudadanos (Angelidou, 2017).

Otro desafío ético en el ámbito de las ciudades inteligentes es garantizar que las soluciones tecnológicas sean inclusivas y equitativas (Vanolo, 2014). Existe el riesgo de que las ciudades inteligentes puedan exacerbar las desigualdades existentes y generar brechas digitales, especialmente en términos de acceso y beneficios de las tecnologías inteligentes entre diferentes grupos de población (Hollands, 2015). Para abordar este desafío, es crucial desarrollar estrategias de inclusión digital y promover la participación activa de todos los ciudadanos en el diseño, implementación y evaluación de proyectos de ciudades inteligentes. Esto puede incluir iniciativas de capacitación y educación, así como medidas para garantizar que las infraestructuras y servicios inteligentes sean accesibles y asequibles para todos los ciudadanos,

independientemente de su edad, género, origen étnico, nivel socioeconómico o habilidades.

La responsabilidad en el desarrollo e implementación de ciudades inteligentes también plantea desafíos importantes. La adopción de tecnologías innovadoras y la creación de soluciones a menudo implican la colaboración entre múltiples actores, como gobiernos, empresas y ciudadanos. Esto puede generar dificultades en la asignación de responsabilidades y la rendición de cuentas en caso de problemas o fallos en los sistemas y servicios de las ciudades inteligentes (Kramers y otros, 2014). Para abordar este desafío, es esencial establecer marcos de gobernanza y regulación claros que definan las responsabilidades y los roles de los diferentes actores involucrados en la planificación, implementación y operación de ciudades inteligentes (Anthopoulos L. , 2017). Además, es importante promover la transparencia y la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre las políticas y proyectos de ciudades inteligentes, asegurando que los intereses y preocupaciones de los ciudadanos sean tomados en cuenta y que los actores responsables rindan cuentas por sus acciones (Kitchin y otros, 2015).

La toma de decisiones algorítmica y la inteligencia artificial en ciudades inteligentes también plantean desafíos éticos y de responsabilidad (Mittelstadt y otros, 2016). Estos desafíos incluyen el riesgo de sesgos y discriminación en los sistemas de toma de decisiones automatizados, así como las preocupaciones sobre la falta de transparencia y explicabilidad en los algoritmos y modelos de aprendizaje automático (Burrell, 2016). Para abordar estos problemas, es crucial desarrollar y adoptar marcos éticos y prácticas responsables en la implementación de tecnologías basadas en algoritmos e inteligencia artificial en ciudades inteligentes (Floridi y otros, 2018). Esto puede incluir la adopción de principios éticos y directrices, como la equidad, la transparencia, la explicabilidad y la responsabilidad, en el diseño y la implementación de sistemas de toma de decisiones algorítmicos (Cath y otros, 2018). Además, es importante garantizar la supervisión y el control humano en la toma de decisiones basada en algoritmos, asegurando que las decisiones automatizadas sean sujetas a revisión y responsabilización (Wachter y otros, 2017).

7.3. Retos de la sostenibilidad

La creciente urbanización y el cambio climático han llevado a la necesidad de abordar los desafíos de la sostenibilidad en el desarrollo de las ciudades inteligentes. Las ciudades inteligentes están diseñadas para mejorar la eficiencia en el uso de recursos, reducir la contaminación y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos (Bibri & Krogstie, 2017). Sin embargo, el enfoque en tecnologías innovadoras y soluciones

digitales también plantea preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo de estos desarrollos urbanos. En este apartado, se discutirán los retos de la sostenibilidad en las ciudades inteligentes y se explorarán enfoques y medidas para enfrentar estos desafíos (figura 9).



Figura 9. Retos de la sostenibilidad. Obtenida de pixabay.com. Creative Commons. Modificada por los autores.

Uno de los principales desafíos de la sostenibilidad en las ciudades inteligentes es la dependencia de los recursos naturales y la energía para impulsar las infraestructuras y los sistemas digitales (Allam & Newman, 2018). El aumento del consumo de energía y el uso de recursos para mantener y operar las tecnologías inteligentes pueden generar tensiones en la capacidad de los sistemas naturales y la resiliencia de las ciudades frente a los desafíos ambientales (Batty y otros, 2012). Para abordar este problema, es esencial promover un enfoque integrado y holístico en el diseño y la implementación de soluciones de ciudades inteligentes, que tenga en cuenta la interacción entre los sistemas urbanos, la infraestructura y los recursos naturales (Bibri & Krogstie, 2017). Esto puede incluir la adopción de estrategias de eficiencia energética, el uso de energías renovables y la promoción de la circularidad en la producción y el consumo de recursos (Giffinger y otros, 2020).

Otro desafío importante en términos de sostenibilidad es el impacto ambiental y social de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) utilizadas en las ciudades inteligentes (Kramers y otros, 2014). La fabricación, el uso y la eliminación de dispositivos electrónicos y componentes digitales pueden generar emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación de recursos hídricos y una creciente demanda de recursos minerales escasos. Además, la rápida obsolescencia de las tecnologías digitales puede contribuir a la generación de residuos electrónicos y generar preocupaciones sobre la sostenibilidad a largo plazo de las soluciones de ciudades inteligentes (Mora y otros, 2017). Para enfrentar este desafío, es importante

fomentar prácticas sostenibles en la cadena de suministro de TIC, promover la reutilización y el reciclaje de dispositivos y componentes electrónicos y alentar la adopción de tecnologías de bajo consumo y larga duración (Mokhtarian, 2019).

La adaptación al cambio climático y la resiliencia también representan retos importantes en el ámbito de la sostenibilidad en las ciudades inteligentes (Bulkeley y otros, 2014). Las ciudades inteligentes deben estar preparadas para enfrentar eventos extremos, como inundaciones, sequías y tormentas, así como cambios a largo plazo en los patrones climáticos y las condiciones ambientales (Chourabi y otros, 2012). Para abordar este desafío, es fundamental integrar la adaptación al cambio climático y la resiliencia en la planificación y el diseño de las ciudades inteligentes, promoviendo enfoques basados en la naturaleza y soluciones de infraestructura verde para proteger y mejorar los sistemas naturales y la calidad del entorno urbano. Esto puede incluir medidas como la restauración de áreas verdes, la implementación de sistemas de drenaje sostenible y la promoción de la agricultura urbana y la biodiversidad.

La sostenibilidad social es otro aspecto fundamental en el desarrollo de ciudades inteligentes (Praharaj y otros, 2017). La adopción de tecnologías y soluciones inteligentes no debe generar desigualdades ni exclusiones sociales, sino que debe contribuir a mejorar la calidad de vida, la inclusión y la cohesión social en las ciudades (Nam & Pardo, 2011). Para abordar este desafío, es crucial garantizar que las soluciones de ciudades inteligentes estén orientadas a abordar las necesidades y prioridades de todos los ciudadanos, y promover la participación y la colaboración de la comunidad en la planificación, el diseño y la evaluación de proyectos y políticas de ciudades inteligentes (Kitchin y otros, 2015). Esto puede implicar el desarrollo de programas y estrategias de inclusión digital, la promoción de la equidad en el acceso a los servicios e infraestructuras inteligentes y la adopción de enfoques centrados en el usuario para garantizar que las tecnologías y soluciones inteligentes estén alineadas con las necesidades y expectativas de los ciudadanos.

Los retos de la sostenibilidad en las ciudades inteligentes abarcan una amplia gama de aspectos ambientales, sociales y económicos. Para enfrentar estos desafíos, es esencial adoptar enfoques integrados y holísticos en la planificación, el diseño y la implementación de soluciones de ciudades inteligentes, y garantizar que estas soluciones estén alineadas con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo y las necesidades de todos los ciudadanos.

Uno de los aspectos clave para lograr la sostenibilidad en las ciudades inteligentes es garantizar que la adopción de tecnologías y soluciones inteligentes no tenga un impacto negativo en el medio ambiente ni en los recursos naturales (Kitchin y otros,

2015). Esto implica promover prácticas sostenibles en la producción y el consumo de energía, el uso de recursos y la gestión de residuos, y fomentar la innovación en tecnologías y sistemas de bajo impacto ambiental.

La adaptación al cambio climático y la resiliencia urbana también son fundamentales para garantizar la sostenibilidad en las ciudades inteligentes (Meijer A. y otros, 2019). Las soluciones de ciudades inteligentes deben ser diseñadas para enfrentar y adaptarse a los cambios en las condiciones ambientales y climáticas, proteger y mejorar la calidad del entorno urbano y promover la resiliencia frente a eventos extremos y perturbaciones (Marsal-Llacuna y otros, 2020).

La sostenibilidad social y la inclusión también son aspectos clave en el desarrollo de ciudades inteligentes. Las soluciones de ciudades inteligentes deben estar orientadas a mejorar la calidad de vida, la equidad y la cohesión social en las ciudades, y garantizar que todos los ciudadanos puedan beneficiarse de las oportunidades y servicios que brindan las tecnologías y soluciones inteligentes (Lombardi y otros, 2012).

Para lograr estos objetivos, es crucial promover la participación y la colaboración de todos los actores involucrados en el desarrollo de ciudades inteligentes, incluidos los gobiernos, las empresas, las instituciones académicas y la sociedad civil (Cardullo y otros, 2018). La cooperación y el intercambio de conocimientos, experiencias y buenas prácticas entre estos actores pueden contribuir a la identificación y aplicación de soluciones innovadoras y sostenibles para abordar los desafíos de la sostenibilidad en las ciudades inteligentes.

A medida que las ciudades inteligentes continúan evolucionando y expandiéndose en todo el mundo, es fundamental abordar de manera efectiva estos desafíos de sostenibilidad para garantizar que las ciudades del futuro sean resilientes, inclusivas y sostenibles para todos sus ciudadanos.

7.4. Cambio climático y resiliencia

El cambio climático es uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en el siglo XXI. Las ciudades inteligentes, concebidas como soluciones urbanas sostenibles e innovadoras, no están exentas de los riesgos y desafíos asociados al cambio climático. En este apartado, se analizarán los desafíos y riesgos que el cambio climático y la necesidad de resiliencia plantean a las ciudades inteligentes, así como las posibles estrategias y enfoques para abordar estos problemas.

Uno de los principales desafíos relacionados con el cambio climático en las ciudades inteligentes es la necesidad de adaptar sus infraestructuras y sistemas a las

nuevas condiciones ambientales y climáticas. Las ciudades están experimentando cambios en sus patrones climáticos, incluido el aumento de las temperaturas, la alteración del régimen de precipitaciones y la intensificación de eventos extremos, como tormentas, inundaciones y sequías (Bulkeley y otros, 2014). Estos cambios pueden tener efectos significativos en la infraestructura urbana, la prestación de servicios y la calidad de vida de los ciudadanos (Chourabi y otros, 2012).

Para abordar este desafío, las ciudades inteligentes deben integrar la adaptación al cambio climático y la resiliencia en su planificación, diseño e implementación. Esto implica evaluar los riesgos y vulnerabilidades asociados a los impactos del cambio climático, identificar áreas y sectores críticos y desarrollar estrategias y medidas específicas para aumentar la capacidad de adaptación y resiliencia de las infraestructuras y sistemas urbanos.

Una de las estrategias clave para mejorar la resiliencia al cambio climático en las ciudades inteligentes es la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SBN) y en infraestructuras verdes. Estos enfoques promueven la conservación, restauración y gestión sostenible de los ecosistemas urbanos, y ofrecen múltiples beneficios en términos de adaptación al cambio climático, mitigación de riesgos y mejora de la calidad del entorno urbano. Por ejemplo, la creación de áreas verdes, parques y humedales urbanos puede ayudar a controlar las inundaciones, reducir las temperaturas locales y promover la biodiversidad (Marsal-Llacuna y otros, 2020).

Además, las ciudades inteligentes pueden aprovechar las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para monitorear y gestionar los riesgos y vulnerabilidades asociados al cambio climático. Los sistemas de monitoreo y alerta temprana basados en sensores y datos en tiempo real pueden proporcionar información valiosa sobre eventos extremos y cambios ambientales, y permitir una respuesta rápida y eficiente ante emergencias y desastres naturales (Meijer A. y otros, 2019). Asimismo, las plataformas de datos abiertos y las herramientas de análisis espacial pueden facilitar la identificación y evaluación de áreas y poblaciones vulnerables, y apoyar la planificación y priorización de medidas de adaptación y resiliencia.

Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que la implementación de tecnologías y soluciones innovadoras para enfrentar el cambio climático en las ciudades inteligentes también puede generar riesgos y desafíos. Uno de estos riesgos es la dependencia excesiva de la tecnología y la infraestructura digital, que puede ser vulnerable a fallas, interrupciones y ataques cibernéticos (Kramers y otros, 2014). Por lo tanto, es esencial garantizar la seguridad y la redundancia de los sistemas digitales

y promover la resiliencia cibernética como parte integral de la estrategia de adaptación al cambio climático (Neirotti y otros, 2021).

Otro desafío importante es garantizar la equidad y la inclusión en la planificación e implementación de soluciones de adaptación al cambio climático en las ciudades inteligentes. Los impactos del cambio climático a menudo afectan de manera desproporcionada a las comunidades y grupos más vulnerables, incluidos los pobres, los ancianos, las mujeres y las minorías étnicas (Reckien y otros, 2018). Por lo tanto, es crucial abordar las desigualdades sociales y económicas y garantizar que las medidas de adaptación y resiliencia beneficien a todos los ciudadanos, independientemente de su nivel socioeconómico o ubicación geográfica.

La gobernanza también juega un papel clave en la promoción de la resiliencia al cambio climático en las ciudades inteligentes. La colaboración y coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, así como la participación activa de los ciudadanos, el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil, son fundamentales para el desarrollo e implementación de políticas y estrategias efectivas de adaptación al cambio climático (Lombardi y otros, 2012). Además, es necesario fortalecer la capacidad institucional y técnica de las autoridades urbanas para enfrentar los desafíos y riesgos asociados al cambio climático y garantizar la sostenibilidad y la resiliencia de las ciudades inteligentes a largo plazo (Sharifi y otros, 2021).

El cambio climático plantea desafíos y riesgos significativos para las ciudades inteligentes, que deben abordarse mediante la integración de la adaptación al cambio climático y la resiliencia en todos los aspectos de la planificación, diseño e implementación de soluciones urbanas sostenibles e innovadoras. La adopción de enfoques basados en la naturaleza, el uso efectivo de las TIC y la promoción de la equidad, la inclusión y la gobernanza colaborativa son elementos clave para garantizar la resiliencia al cambio climático y la sostenibilidad de las ciudades inteligentes en el siglo XXI.

8. Perspectivas futuras y el papel de la ciudadanía

8.1. Retos y oportunidades para las ciudades inteligentes

Las perspectivas futuras y el papel de la ciudadanía en el contexto de las ciudades inteligentes son aspectos fundamentales en la búsqueda de soluciones sostenibles e innovadoras para abordar los desafíos y riesgos asociados al cambio climático, la resiliencia urbana y la equidad social. En este apartado, se examinarán los retos y oportunidades que las ciudades inteligentes enfrentan en términos de participación ciudadana, gobernanza y colaboración en el proceso de adaptación y transformación urbana.

Uno de los principales desafíos en el desarrollo de ciudades inteligentes es garantizar la participación activa y significativa de la ciudadanía en la toma de decisiones y la implementación de proyectos y políticas. La ciudadanía puede desempeñar un papel crucial en la identificación de necesidades y prioridades locales, así como en la promoción de la equidad y la inclusión en la planificación y gestión urbana (Angelidou y otros, 2017). Para involucrar a la ciudadanía de manera efectiva, es fundamental establecer canales de comunicación y espacios de colaboración accesibles y transparentes, que permitan a los ciudadanos expresar sus opiniones,

compartir sus conocimientos y contribuir al diseño y monitoreo de soluciones urbanas sostenibles e innovadoras (Cardullo y otros, 2018).

Además, la ciudadanía puede desempeñar un papel activo en la generación y uso de datos en tiempo real y conocimiento local para mejorar la resiliencia y la adaptación al cambio climático en las ciudades inteligentes. A través de la participación en proyectos de ciencia ciudadana y la colaboración en plataformas de datos abiertos, los ciudadanos pueden ayudar a recopilar información valiosa sobre los riesgos y vulnerabilidades ambientales, así como a identificar y evaluar oportunidades para implementar medidas de adaptación y mitigación basadas en la comunidad. Esta colaboración puede contribuir a la creación de políticas públicas más informadas y contextualizadas, que aborden de manera efectiva los desafíos y oportunidades asociados al cambio climático y la resiliencia urbana (Bakıcı y otros, 2013).

La gobernanza colaborativa es otro aspecto clave para el éxito de las ciudades inteligentes en el futuro. La cooperación entre los diferentes niveles de gobierno, el sector privado, las organizaciones de la sociedad civil y la ciudadanía es esencial para el diseño, implementación y seguimiento de estrategias y políticas de adaptación y resiliencia al cambio climático (Nam & Pardo, 2011). El establecimiento de mecanismos de gobernanza que fomenten la colaboración y la toma de decisiones compartida puede facilitar la identificación de soluciones innovadoras y sostenibles que respondan a las necesidades y desafíos de las ciudades inteligentes en el contexto del cambio climático (Giest, 2017).

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) también pueden desempeñar un papel fundamental en la promoción de la participación ciudadana y la gobernanza colaborativa en las ciudades inteligentes. Las plataformas digitales y las redes sociales pueden facilitar la interacción entre los ciudadanos y los responsables de la toma de decisiones, permitiendo un mayor acceso a la información y la posibilidad de compartir experiencias, conocimientos y recursos (Kitchin y otros, 2015). Además, la implementación de herramientas y aplicaciones digitales para la monitorización y evaluación de políticas y proyectos puede mejorar la transparencia y la rendición de cuentas en la gestión urbana, y permitir a la ciudadanía participar en la definición de prioridades y metas de sostenibilidad y resiliencia (Dameri & Rosenthal-Sabroux, 2016).

No obstante, es crucial abordar los posibles riesgos y desafíos asociados con el uso de las TIC y la participación ciudadana en las ciudades inteligentes. Por ejemplo, la brecha digital y las desigualdades en el acceso y uso de tecnologías pueden limitar la participación de ciertos grupos y comunidades en la toma de decisiones y la

implementación de soluciones urbanas sostenibles e innovadoras (Gil-Garcia y otros, 2016a). Para garantizar la equidad y la inclusión, las ciudades inteligentes deben promover la alfabetización digital y la accesibilidad de las tecnologías y plataformas de participación ciudadana para todos los ciudadanos, independientemente de su nivel socioeconómico, género, edad o ubicación geográfica (Sadowski, 2020).

Asimismo, es importante considerar las preocupaciones relacionadas con la privacidad y la protección de datos en el contexto de la participación ciudadana y la gobernanza de las ciudades inteligentes. La recopilación y uso de datos personales y sensibles pueden generar riesgos para la privacidad y la seguridad de los ciudadanos, lo que puede socavar la confianza y la colaboración en el desarrollo e implementación de soluciones urbanas sostenibles e innovadoras (Van Zoonen, 2016). Por lo tanto, es esencial establecer marcos normativos y mecanismos de control que garanticen la protección de los datos personales y el respeto a los derechos y libertades fundamentales de los ciudadanos en el contexto de las ciudades inteligentes (Anthopoulos y otros, 2016).

En cuanto a las oportunidades futuras, las ciudades inteligentes pueden aprovechar las tecnologías emergentes y los enfoques innovadores para mejorar la resiliencia al cambio climático y promover la equidad y la inclusión social. Por ejemplo, el desarrollo de soluciones basadas en la inteligencia artificial y el aprendizaje automático puede permitir una mejor identificación y predicción de riesgos y vulnerabilidades asociados al cambio climático, así como una optimización de los recursos y la infraestructura urbana (Nuaimi y otros, 2015). Además, la adopción de enfoques basados en la naturaleza y la economía circular puede contribuir a la regeneración de ecosistemas urbanos y al fomento de modelos de producción y consumo sostenibles, lo que a su vez puede mejorar la calidad de vida y el bienestar de los ciudadanos en las ciudades inteligentes.

8.2. El papel de la ciudadanía en la transformación de las ciudades

Las ciudades inteligentes representan una visión prometedora para abordar los crecientes desafíos urbanos relacionados con el cambio climático, la resiliencia y la equidad social. Sin embargo, también enfrentan una serie de desafíos y riesgos que deben ser cuidadosamente considerados y abordados para garantizar un desarrollo sostenible e inclusivo. En este apartado, analizaremos los desafíos y riesgos asociados con las ciudades inteligentes, destacando el papel crucial de la ciudadanía en la transformación de las ciudades.

Uno de los principales desafíos en el desarrollo de ciudades inteligentes es garantizar que los beneficios de las tecnologías y soluciones innovadoras se distribuyan equitativamente entre los ciudadanos y no exacerben las desigualdades sociales y económicas existentes (Kitchin y otros, 2015). La ciudadanía puede desempeñar un papel clave en este aspecto, al participar activamente en la toma de decisiones y la implementación de proyectos y políticas, así como en la promoción de la equidad y la inclusión en la planificación y gestión urbana (Angelidou y otros, 2017).

La ciudadanía también puede contribuir a la identificación y mitigación de los riesgos asociados con la privacidad y la seguridad de los datos en el contexto de las ciudades inteligentes. La creciente dependencia de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos personales y sensibles pueden generar preocupaciones sobre la privacidad y la protección de datos de los ciudadanos (Van Zoonen, 2016). La participación ciudadana en la definición de políticas y regulaciones relacionadas con la privacidad y la protección de datos puede ayudar a garantizar que se aborden estos riesgos de manera efectiva y se protejan los derechos y libertades fundamentales de los ciudadanos (Anthopoulos y otros, 2016).

Además, la ciudadanía puede desempeñar un papel importante en la identificación y promoción de enfoques innovadores y sostenibles para abordar los desafíos del cambio climático y la resiliencia urbana en las ciudades inteligentes. Por ejemplo, a través de la participación en proyectos de ciencia ciudadana y la colaboración en plataformas de datos abiertos, los ciudadanos pueden contribuir a la generación y uso de datos en tiempo real y conocimiento local para mejorar la adaptación al cambio climático y la resiliencia de las ciudades inteligentes (Haklay y otros, 2018). Esta colaboración puede facilitar la creación de políticas públicas más informadas y contextualizadas, que aborden de manera efectiva los desafíos y oportunidades asociados al cambio climático y la resiliencia urbana (Bakıcı y otros, 2013).

La gobernanza colaborativa es otro aspecto crucial en el éxito de las ciudades inteligentes y en la transformación de las ciudades en entornos más resilientes y sostenibles. La cooperación entre los diferentes niveles de gobierno, el sector privado, las organizaciones de la sociedad civil y la ciudadanía es fundamental para el diseño, implementación y seguimiento de estrategias y políticas de adaptación y resiliencia al cambio climático (Nam & Pardo, 2011). El establecimiento de mecanismos de gobernanza que fomenten la colaboración y la toma de decisiones compartida puede facilitar la identificación de soluciones innovadoras y sostenibles que respondan a las necesidades y desafíos de las ciudades inteligentes en el contexto del cambio climático (Giest, 2017).

No obstante, las ciudades inteligentes también enfrentan desafíos relacionados con la brecha digital y las desigualdades en el acceso y uso de tecnologías, lo que puede limitar la participación de ciertos grupos y comunidades en la toma de decisiones y la implementación de soluciones urbanas sostenibles e innovadoras (Gil-García y otros, 2016b). La promoción de la alfabetización digital y la accesibilidad de las tecnologías y plataformas de participación ciudadana para todos los ciudadanos, independientemente de su nivel socioeconómico, género, edad o ubicación geográfica, es esencial para garantizar la equidad y la inclusión en el desarrollo y transformación de las ciudades inteligentes (Sadowski, 2020).

8.3. Cómo se están desarrollando las ciudades del futuro

Las ciudades inteligentes, que combinan la infraestructura urbana tradicional con las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y la innovación en materia de sostenibilidad y resiliencia, son un concepto cada vez más popular y prometedor en la planificación y el desarrollo urbanos (Nam & Pardo, 2011). Sin embargo, también enfrentan desafíos y riesgos en su desarrollo y transformación. En este apartado, discutiremos cómo se están desarrollando las ciudades del futuro, abordando los desafíos y riesgos asociados con las ciudades inteligentes.

El desarrollo de las ciudades inteligentes implica la integración de múltiples componentes, como infraestructuras inteligentes, sistemas de transporte y movilidad, eficiencia energética, gestión de residuos, seguridad y calidad de vida (Angelidou y otros, 2017). Además, la gobernanza colaborativa y la participación ciudadana son fundamentales para el éxito de las ciudades inteligentes (Nam & Pardo, 2011). Estos componentes se interconectan e interactúan para crear ciudades más eficientes, sostenibles y resilientes.

En cuanto a la infraestructura inteligente, las ciudades del futuro están incorporando tecnologías avanzadas en la construcción de edificios y sistemas de energía, como el uso de materiales de construcción ecológicos y sistemas de gestión de energía basados en la nube (Chourabi y otros, 2012). Estas soluciones pueden ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la eficiencia energética y aumentar la resiliencia de las ciudades frente a eventos extremos relacionados con el clima (Bibri & Krogstie, 2017).

Los sistemas de transporte y movilidad también están experimentando una transformación en las ciudades inteligentes, con la implementación de tecnologías como vehículos eléctricos y autónomos, sistemas de transporte público inteligente y soluciones de movilidad compartida (Lombardi y otros, 2012). Estas innovaciones tienen el potencial de reducir la congestión, mejorar la calidad del aire y aumentar la

accesibilidad al transporte para diferentes grupos de ciudadanos (Glasmeier & Christopherson, 2015).

Sin embargo, es importante reconocer que la adopción de tecnologías de transporte y movilidad avanzadas también plantea desafíos en términos de infraestructura, regulación y aceptación por parte de los usuarios (Glasmeier & Christopherson, 2015). Es esencial abordar estos desafíos de manera integral y equitativa, garantizando que las soluciones de transporte y movilidad en las ciudades inteligentes sean accesibles e inclusivas para todos los ciudadanos, independientemente de su nivel socioeconómico, género, edad o ubicación geográfica.

En lo que respecta a la eficiencia energética, las ciudades inteligentes están implementando soluciones como sistemas de energía distribuida, microrredes y energías renovables para aumentar la resiliencia y reducir la dependencia de los combustibles fósiles (Bibri & Krogstie, 2017). Estas tecnologías pueden contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire en áreas urbanas. Además, la implementación de soluciones de eficiencia energética en edificios y sistemas de iluminación pública también puede generar ahorros económicos y beneficios ambientales (Pereira y otros, 2013).

La gestión de residuos es otro componente clave en el desarrollo de ciudades inteligentes, con soluciones como la recolección y reciclaje de residuos automatizados, la optimización de rutas de recolección y el tratamiento de residuos para la generación de energía (Kramers y otros, 2014). Estas innovaciones pueden ayudar a reducir la cantidad de residuos que terminan en vertederos y disminuir la contaminación ambiental asociada con la gestión inadecuada de residuos (Bibri & Krogstie, 2017).

En términos de seguridad y calidad de vida, las ciudades inteligentes están adoptando tecnologías como cámaras de vigilancia inteligentes, sensores y sistemas de análisis de datos para monitorear y abordar problemas de seguridad y bienestar (Chourabi y otros, 2012). Estas soluciones pueden ayudar a mejorar la seguridad pública, prevenir el delito y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos (Zygiaris, 2013). Sin embargo, también es fundamental garantizar que la adopción de estas tecnologías no comprometa la privacidad y los derechos de los ciudadanos (Van Zoonen, 2016).

La gobernanza colaborativa y la participación ciudadana juegan un papel crucial en el desarrollo y la transformación de las ciudades inteligentes. La cooperación entre los diferentes niveles de gobierno, el sector privado, las organizaciones de la sociedad

civil y los ciudadanos es esencial para el diseño, la implementación y el seguimiento de estrategias y políticas relacionadas con la sostenibilidad, la resiliencia y la equidad (Giest, 2017). La inclusión de múltiples actores en la toma de decisiones y la implementación de proyectos puede facilitar la identificación de soluciones innovadoras y sostenibles que respondan a las necesidades y desafíos de las ciudades inteligentes en el contexto del cambio climático y la rápida urbanización (Bakıcı y otros, 2013).

A pesar de los beneficios potenciales de las ciudades inteligentes, también enfrentan desafíos y riesgos que deben abordarse cuidadosamente. Uno de los principales desafíos es garantizar que los beneficios de las tecnologías y soluciones innovadoras se distribuyan equitativamente entre los ciudadanos y no exacerben las desigualdades sociales y económicas existentes (Kitchin y otros, 2015). Es crucial fomentar la equidad y la inclusión en la planificación y gestión urbana, asegurando que las necesidades y preocupaciones de diferentes grupos de ciudadanos se tengan en cuenta y se aborden de manera efectiva (Angelidou y otros, 2017).

Otro desafío importante es la protección de la privacidad y la seguridad de los datos en el contexto de las ciudades inteligentes. La creciente dependencia de las TIC y la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos personales y sensibles pueden generar preocupaciones sobre la privacidad y la protección de datos de los ciudadanos (Van Zoonen, 2016). Es fundamental garantizar que se establezcan políticas y regulaciones adecuadas para abordar estos riesgos de manera efectiva y proteger los derechos y libertades fundamentales de los ciudadanos (Anthopoulos y otros, 2016).

Además, las ciudades inteligentes también enfrentan desafíos relacionados con la brecha digital y las desigualdades en el acceso y uso de tecnologías, lo que puede limitar la participación de ciertos grupos y comunidades en la toma de decisiones y la implementación de soluciones urbanas sostenibles e innovadoras (Gil-García y otros, 2016a). La promoción de la alfabetización digital y la accesibilidad de las tecnologías y plataformas de participación ciudadana para todos los ciudadanos es esencial para garantizar la equidad y la inclusión en el desarrollo y transformación de las ciudades inteligentes (Sadowski, 2020).

9. Conclusiones

9.1. Recapitulación de los principales aspectos de las ciudades inteligentes y su relación con IoT

Las ciudades inteligentes representan un enfoque innovador y sostenible para abordar los desafíos y oportunidades en el ámbito urbano, a través de la utilización de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la recopilación, análisis y uso de datos para mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Batty, 2013). En este contexto, el Internet de las cosas (IoT) juega un papel fundamental en la transformación de las ciudades en entornos inteligentes, al facilitar la interconexión y la interoperabilidad entre dispositivos y sistemas, así como la generación y el intercambio de datos en tiempo real (Zanella y otros, 2014).

A lo largo de este trabajo, se han abordado diferentes aspectos clave de las ciudades inteligentes y su relación con IoT, como la gestión de recursos urbanos, la movilidad y el transporte, la seguridad y la calidad de vida, la sanidad y la atención médica, las políticas y regulaciones necesarias y los aspectos legales y de privacidad. A continuación, se recapitulan y discuten los principales hallazgos y consideraciones en relación con estos aspectos.

En cuanto a la gestión de recursos urbanos, las ciudades inteligentes y el IoT pueden contribuir a optimizar el uso y la distribución de recursos como la energía, el

agua y los residuos, mediante el monitoreo y el control en tiempo real de los sistemas de suministro y la implementación de soluciones basadas en datos y tecnologías avanzadas (Hashem y otros, 2016). Este enfoque puede resultar en una mayor eficiencia, sostenibilidad y resiliencia en la gestión de recursos, así como en la reducción de costos y emisiones de gases de efecto invernadero (Gubbi y otros, 2013).

En el ámbito de la movilidad y el transporte, las ciudades inteligentes y el IoT pueden mejorar la planificación, la operación y la seguridad de los sistemas de transporte urbano, al proporcionar información en tiempo real sobre el tráfico, las condiciones meteorológicas y las infraestructuras, así como al facilitar la comunicación entre vehículos, infraestructuras y usuarios (Silva y otros, 2018). Además, la implementación de sistemas de transporte inteligentes y soluciones de movilidad compartida y autónoma puede contribuir a reducir la congestión, las emisiones y los accidentes en las áreas urbanas (Sánchez y otros, 2014).

En lo que respecta a la seguridad y la calidad de vida, las ciudades inteligentes y el IoT pueden ayudar a prevenir y gestionar situaciones de emergencia y desastres naturales, mediante la monitorización y el análisis de datos ambientales y la implementación de sistemas de alerta temprana y respuesta rápida. Además, las tecnologías de IoT pueden mejorar la calidad de vida de los ciudadanos al proporcionar servicios y aplicaciones personalizados y accesibles en áreas como la educación, la cultura y el bienestar (Caragliu & Del Bo, 2020).

En el ámbito de la sanidad y la atención médica, las ciudades inteligentes y el IoT pueden mejorar la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y el seguimiento de enfermedades, así como optimizar la gestión y la coordinación de los recursos sanitarios, mediante la implementación de tecnologías y soluciones como la telemedicina, la monitorización remota de pacientes, los dispositivos médicos conectados y los sistemas de información en salud (Kumar y otros, 2020a). Estos enfoques pueden resultar en una mayor calidad, eficiencia y equidad en la atención médica, así como en la promoción de estilos de vida saludables y la prevención de enfermedades crónicas y epidemias (Islam y otros, 2015).

En relación con las políticas y regulaciones necesarias para las ciudades inteligentes, se ha destacado la importancia de establecer marcos legales y normativos adecuados para garantizar la protección de la privacidad y la seguridad de los datos, así como el cumplimiento de las legislaciones y estándares vigentes en áreas como la protección de datos, la ciberseguridad y la ética (Van Zoonen, 2016). Además, se ha enfatizado la necesidad de promover la cooperación y la colaboración entre los diferentes actores involucrados en las ciudades inteligentes, incluidos

gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales y ciudadanos, para abordar de manera efectiva los desafíos y oportunidades en el ámbito de la digitalización urbana (Kitchin y otros, 2015).

En cuanto a los aspectos legales y de privacidad en las ciudades inteligentes, se ha discutido la relevancia de abordar las preocupaciones y los derechos de los ciudadanos en relación con la recopilación, el almacenamiento y el uso de datos personales, así como la seguridad de la información y los sistemas digitales (Sadowski, 2020). Se han propuesto enfoques como la privacidad por diseño y la gobernanza basada en la transparencia, la responsabilidad y la participación pública, para garantizar la confianza y la aceptación de las iniciativas de ciudades inteligentes y para cumplir con las regulaciones y principios éticos en el ámbito de la privacidad y la protección de datos (Cavoukian & others, 2009).

Las ciudades inteligentes y su relación con IoT representan un paradigma prometedor y desafiante para abordar los desafíos y oportunidades en el ámbito urbano, al aprovechar las tecnologías y los datos para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y promover la sostenibilidad y la resiliencia en la gestión de recursos, la movilidad, la seguridad, la sanidad y otros aspectos clave. Sin embargo, es fundamental abordar las cuestiones legales y de privacidad, así como promover la cooperación y la colaboración entre los diferentes actores involucrados, para garantizar el éxito y la aceptación de las iniciativas de ciudades inteligentes y su contribución al bienestar y al desarrollo sostenible en el siglo XXI.

9.2. Perspectivas futuras y desafíos a afrontar

Las ciudades inteligentes representan un enfoque revolucionario y prometedor para abordar los desafíos y oportunidades que enfrentan las áreas urbanas en la actualidad. A través de la adopción de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la Internet de las cosas (IoT), las ciudades inteligentes buscan mejorar la calidad de vida, la sostenibilidad y la eficiencia en la prestación de servicios públicos (Batty y otros, 2012) (Zanella y otros, 2014). A pesar de estos avances y beneficios, las ciudades inteligentes también enfrentan una serie de desafíos y preguntas que deben abordarse en las próximas décadas.

Uno de los principales desafíos para el futuro de las ciudades inteligentes es la necesidad de una infraestructura de TIC resiliente y segura. La creciente dependencia de las tecnologías digitales en todos los aspectos de la vida urbana implica una mayor exposición a riesgos como ciberataques, interrupciones del servicio y brechas de datos (Kitchin y otros, 2015). Las autoridades municipales y los proveedores de tecnología deben colaborar para desarrollar sistemas de protección y respuesta a

incidentes que garanticen la continuidad de los servicios y la protección de los datos y la privacidad de los ciudadanos (Sánchez y otros, 2014).

Otro desafío clave para las ciudades inteligentes es la equidad en el acceso y la distribución de los beneficios de la digitalización y la IoT. La brecha digital y la desigualdad socioeconómica pueden exacerbar las disparidades en la calidad de vida y la participación en la toma de decisiones en las ciudades inteligentes (Silva y otros, 2018). Las políticas públicas y las iniciativas de inversión deben enfocarse en garantizar que los avances en la tecnología y la innovación beneficien a todos los ciudadanos, independientemente de su ubicación geográfica, ingresos o nivel educativo (Hollands, 2008).

Además, la creciente complejidad y la interdependencia de los sistemas urbanos en las ciudades inteligentes plantean desafíos en términos de gobernanza y toma de decisiones. La gestión de los recursos y la infraestructura de la ciudad, así como la coordinación de las políticas y las regulaciones, requiere un enfoque integrado y colaborativo entre los actores públicos y privados (Kitchin y otros, 2015). La transparencia y la participación ciudadana son aspectos fundamentales para garantizar la legitimidad y la eficacia de las decisiones y acciones en las ciudades inteligentes (Nam & Pardo, 2011).

En el ámbito de la salud, la atención médica en las ciudades inteligentes enfrenta desafíos en términos de adopción de nuevas tecnologías, como la telemedicina, la inteligencia artificial y la gestión electrónica de la información de salud (Kumar y otros, 2020a). La formación y el apoyo a los profesionales de la salud en el uso de estas herramientas, así como la garantía de que los ciudadanos estén informados y empoderados para participar en su propia atención, son aspectos clave para el éxito de la transformación digital en la atención médica (Vidal-Alaball y otros, 2020). Además, la protección de la privacidad y la seguridad de los datos de salud es esencial para garantizar la confianza del público en la atención médica digitalizada y prevenir posibles riesgos y abusos en el uso de la información de salud (Nohr y otros, 2017).

En cuanto al transporte y la movilidad en las ciudades inteligentes, los desafíos futuros incluyen la implementación y adaptación de vehículos autónomos y sistemas de transporte público eficientes y sostenibles (Sperling, 2018). La planificación y la regulación del uso del espacio urbano, así como la integración de soluciones de transporte multimodal, son aspectos clave para garantizar una movilidad sostenible y accesible para todos los ciudadanos (Banister, 2011).

La sostenibilidad y la resiliencia ambiental también representan desafíos importantes para las ciudades inteligentes. La adopción de soluciones de energía

renovable, la gestión de recursos naturales y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero son aspectos fundamentales para garantizar el bienestar y la calidad de vida a largo plazo de los habitantes urbanos (Bibri & Krogstie, 2017). La colaboración entre los sectores público, privado y académico es esencial para desarrollar e implementar soluciones innovadoras y eficaces en el ámbito de la sostenibilidad y la resiliencia urbana (Khan y otros, 2019).

Las ciudades inteligentes representan una oportunidad única para abordar y superar los desafíos y oportunidades que enfrentan las áreas urbanas en el siglo XXI. Sin embargo, para aprovechar al máximo este potencial, es necesario abordar una serie de desafíos y preguntas en términos de infraestructura, equidad, gobernanza, salud, transporte y sostenibilidad ambiental. La adopción de enfoques colaborativos e integrados, así como la promoción de la transparencia y la participación ciudadana, serán fundamentales para garantizar el éxito y la viabilidad a largo plazo de las ciudades inteligentes en el futuro.

Referencias

- Aitzhan, N. Z., & Svetinovic, D. (2016). Security and privacy in decentralized energy trading through multi-signatures, blockchain and anonymous messaging streams. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 15, 840-852. <https://doi.org/10.1109/tdsc.2016.2616861>
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22, 3-21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- Allam, Z., & Newman, P. (2018). Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance. *Smart Cities*, 1, 4-25. <https://doi.org/10.3390/smartcities1010002>
- Al-Saqaf, W., & Seidler, N. (2017). Blockchain technology for social impact: Opportunities and challenges ahead. *Journal of Cyber Policy*, 2, 338-354. <https://doi.org/10.1080/23738871.2017.1400084>
- Angelidou, M. (2015). Smart Cities: A Conjunction of Four Forces. *Cities*, 47, 95-106. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.004>
- Angelidou, M. (2017). The role of smart city characteristics in the plans of fifteen cities. *Journal of Urban Technology*, 24, 3-28. <https://doi.org/10.1080/10630732.2017.1348880>
- Angelidou, M., Psaltoglou, A., Komninos, N., Kakderi, C., Tsarchopoulos, P., & Panori, A. (2017). Enhancing sustainable urban development through smart city applications. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 8, 146-169. <https://doi.org/10.1108/jstpm-05-2017-0016>
- Anthopoulos, L. (2017). *Understanding Smart Cities: A Tool for Smart Government or an Industrial Trick?* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57015-0_6
- Anthopoulos, L. G., Reddick, C. G., Giannakidou, I., & Mavridis, N. (2016). Why e-government projects fail? An analysis of the Healthcare.gov website. *Government Information Quarterly*, 33, 161-173. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.003>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54, 2787-2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2015). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118, 1279-1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., & Lippman, A. (2016). MedRec: Using blockchain for medical data access and permission management. *2016 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, (págs. 25-30).
- Bakhshi, H., & Throsby, D. (2012). New technologies in cultural institutions: Theory, impact and policy implications. *International Journal of Cultural Policy*, 18, 205-222. <https://doi.org/10.1080/10286632.2011.587878>

- Bakıcı, T., Almirall, E., & Wareham, J. (2013). A smart city initiative: The case of Barcelona. *Journal of the Knowledge Economy*, 4, 135-148. <https://doi.org/10.1007/s13132-012-0084-9>
- Baldini, G., Botterman, M., Neisse, R., & Tallacchini, M. (2016). Ethical Design in the Internet of Things. *Science and Engineering Ethics*, 22, 905-925. <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9754-5>
- Banister, D. (2011). Cities, mobility and climate change. *Journal of Transport Geography*, 19, 1538-1546. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.03.009>
- Banks, J. A. (2008). Diversity, group identity, and citizenship education in a global age. *Educational Researcher*, 37, 129-139. <https://doi.org/10.3102/0013189x08317501>
- Bashshur, R., Shannon, G., Krupinski, E., & Grigsby, J. (2011). The taxonomy of telemedicine. *Telemedicine and e-Health*, 17, 484-494. <https://doi.org/10.1089/tmj.2011.0103>
- Batty, M. (2013). Big data, smart cities and city planning. *Dialogues in Human Geography*, 3, 274-279. <https://doi.org/10.1177/2043820613513390>
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214, 481-518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Bauernhansl, T., Hompel, & Vogel-Heuser, B. (2014). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration [Industry 4.0 in Production, Automation, and Logistics: Applications, Technologies, Migration]*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8>
- Bekkers, V., Edwards, A., & de Kool, D. (2013). Social media monitoring: Responsive governance in the shadow of surveillance? *Government information quarterly*, 30, 335-342.
- Bibri, S. E., & Krogstie, J. (2017). Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*, 31, 183-212. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. *Assessment and teaching of 21st century skills*, 17-66.
- Boes, K., Buhalis, D., & Inversini, A. (2016). Smart tourism destinations: ecosystems for tourism destination competitiveness. *International Journal of Tourism Cities*, 2, 108-124.
- Boulos, M. N., Brewer, A. C., Karimkhani, C., Buller, D. B., & Dellavalle, R. P. (2014). Mobile medical and health apps: state of the art, concerns, regulatory control and certification. *Online journal of public health informatics*, 5, 229.
- Brand, P., & Dávila, J. D. (2011). Mobility innovation at the urban margins: Medellín's Metrocables. *City*, 15, 647-661.
- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies: Engines of growth? *Journal of Econometrics*, 65, 83-108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01602-R](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01602-R)
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 8, 37-44.

- Bria, F. (2016). The robot economy may already have arrived. *openDemocracy*. Retrieved, 20.
- Brownson, R. C., Fielding, J. E., & Green, L. W. (2018). Building capacity for evidence-based public health: reconciling the pulls of practice and the push of research. *Annual review of public health, 39*, 27–53.
- Bulkeley, H. A., Broto, V. C., & Edwards, G. A. (2014). *An urban politics of climate change: experimentation and the governing of socio-technical transitions*. Routledge.
- Burrell, J. (2016). How the machine ‘thinks’: Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big data & society, 3*, 2053951715622512.
- Caragliu, A., & Del Bo, C. (2020). Do smart city policies work? *Digital transformation of the design, construction and management processes of the built environment*, 149–159.
- Cardullo, P., Kitchin, R., & Di Felicianantonio, C. (2018). Living labs and vacancy in the neoliberal city. *Cities, 73*, 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.10.008>
- Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics, 36*, 55-81. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.11.006>
- Cath, C., Wachter, S., Mittelstadt, B., Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). Artificial Intelligence and the ‘Good Society’: the US, EU, and UK approach. *Science and Engineering Ethics, 24*, 505-528. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9901-7>
- Cavoukian, A., & others. (2009). Privacy by design: The 7 foundational principles. *Information and privacy commissioner of Ontario, Canada, 5*, 12.
- Chesbrough, H. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press. <https://doi.org/10.5465/amp.2006.20591014>
- Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., . . . Scholl, H. J. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. *Proceedings of the 45th Hawaii International Conference on System Sciences* (págs. 2289-2297). IEEE.
- Chui, M., Manyika, J., & Miremadi, M. (2018). What AI can and can’t do (yet) for your business. *McKinsey Quarterly, 1*, 1.
- City of Copenhagen. (2012). *Copenhagen 2025 Climate Plan*. unpublished. https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/983_jkP0ekKMyD.pdf
- City of Sydney. (2016). *Sustainable Sydney 2030*. unpublished. <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/vision/sustainable-sydney-2030>
- City of Sydney. (2017). *Resilient Sydney*. unpublished. <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/vision/sustainable-sydney-2030/resilient-sydney>
- Cooke, P. (2005). Regionally asymmetric knowledge capabilities and open innovation: Exploring ‘‘Globalisation 2’’—A new model of industry organisation. *Research Policy, 34*, 1128-1149. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.12.005>
- Cunningham, S., Silver, J., & McDonnell, J. (2016). Rates of change: Online distribution as disruptive technology in the film industry. *Media, Culture & Society, 38*, 889-904. <https://doi.org/10.1177/1329878x1013600114>

- Dameri, R. P., & Rosenthal-Sabroux, C. (2016). *Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space*. International Publishing: Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3>
- Darling-Hammond, L. (2017). Teacher education around the world: What can we learn from international practice? *European Journal of Teacher Education, 40*, 291-309.
<https://doi.org/10.1080/02619768.2017.1315399>
- De Lange, M., & De Waal, M. (2017). Owing the city: New media and citizen engagement in urban design. En *Urban land use* (págs. 109–130). Apple Academic Press.
- Deakin, M., & Al Waer, H. (2011). From intelligent to smart cities. *Intelligent Buildings International, 3*, 140-152. <https://doi.org/10.1080/17508975.2011.586671>
- Delgado, M., Porter, M. E., & Stern, S. (2014). Clusters, convergence, and economic performance. *Research Policy, 43*, 1785-1799. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.05.007>
- Dombrowski, U., & Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Procedia CIRP, 17*, 100-105. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.077>
- Dorri, A., Kanhere, S. S., & Jurdak, R. (2017). Blockchain for IoT security and privacy: The case study of a smart home. *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)*, (págs. 618-623).
- Dunn Cavelty., M., Kaufmann, M., & Sjøby Kristensen, K. (2018). *Resilience and (in)security: Practices, subjects, temporalities*. *Security Dialogue, 49*, 3-14.
<https://doi.org/10.1177/0967010614559637>
- Edquist, C., & Zabala-Iturriagoitia, J. M. (2012). Public procurement for innovation as mission-oriented innovation policy. *Research Policy, 41*, 1757-1769.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.04.022>
- Elmaghraby, A. S., & Losavio, M. M. (2014). Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy. *Journal of Advanced Research, 5*, 491-497.
<https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.006>
- Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education, 42*, 255-284. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782551>
- Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature Medicine, 25*, 24-29.
<https://doi.org/10.1038/s41591-018-0316-z>
- European Parliament and Council. (2016). *Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation)*. *Official Journal of the European Union, L 119*, 1-88. Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). *Official Journal of the European Union, L 119*, 1-88:
<https://doi.org/10.5593/sgemsocial2019v/1.1/s02.022>

- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.003>
- Fang, X., Misra, S., Xue, G., & Yang, D. (2012). Smart grid—The new and improved power grid: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 14, 944-980. <https://doi.org/10.1109/surv.2011.101911.00087>
- Fernández-Caramés, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2018). A review on the use of blockchain for the internet of things. *IEEE Access*, 6, 32979-33001. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2842685>
- Fiscella, K., & Williams, D. R. (2004). Health disparities based on socioeconomic inequities: implications for urban health care. *Academic Medicine*, 79, 1139-1147. <https://doi.org/10.1097/00001888-200412000-00004>
- Floridi, L., Cows, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., & Schafer, B. (2018). AI4People -An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. *Minds and Machines*, 28, 689-707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Gandomi, A., & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35, 137-144. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>
- Gascó, M. (2016). Living labs: Implementing open innovation in the public sector. *Government Information Quarterly*, 33, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.09.003>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gibb, A. (2011). Concepts into practice: Meeting the challenge of development of entrepreneurship educators around an innovative paradigm: The case of the International Entrepreneurship Educators' Programme (IEEP). *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 17, 146-165. <https://doi.org/10.1108/13552551111114914>
- Giest, S. (2017). Big data for policymaking: Great expectations, but with limited progress? *Policy & Internet*, 9, 347-367. <https://doi.org/10.1002/poi3.176>
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2020). Smart cities: Ranking of European medium-sized cities. En *Smart Cities* (págs. 13-47). <https://doi.org/10.4324/9781003096566-4>
- Gil-Garcia, J. R., Pardo, T. A., & Nam, T. (2016a). What makes a city smart? Identifying core components and proposing an integrative and comprehensive definition. *Information Polity*, 21, 61-87. <https://doi.org/10.3233/ip-150354>
- Gil-García, J. R., Zhang, J., & Puron-Cid, G. (2016b). Conceptualizing smartness in government: An integrative and multi-dimensional view. *Government Information Quarterly*, 33, 524-534. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2016.03.002>

- Girardin, L., Marechal, F., Dubuis, M., Calame-Darbellay, N., & Favrat, D. (2010). EnerGis: A geographical information based system for the evaluation of integrated energy conversion systems in urban areas. *Energy*, 35, 830-840. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.08.018>
- Glaeser, E. L., Kominers, S. D., Luca, M., & Naik, N. (2018). Big data and big cities: The promises and limitations of improved measures of urban life. *Economic Inquiry*, 56, 114-137. <https://doi.org/10.1111/ecin.12364>
- Glasmeier, A., & Christopherson, S. (2015). Thinking about smart cities. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8, 3-12. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu034>
- Gretzel, U., Sigala, M., Xiang, Z., & Koo, C. (2015). Smart tourism: foundations and developments. *Electronic Markets*, 25, 179-188. <https://doi.org/10.1007/s12525-015-0196-8>
- Gretzel, U., Werthner, H., Koo, C., & Lamsfus, C. (2015). Conceptual foundations for understanding smart tourism ecosystems. *Computers in Human Behavior*, 50, 558-563. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.043>
- Griggs, K. N., Ossipova, O., Kohlios, C. P., Baccarini, A. N., Howson, E. A., & Hayajneh, T. (2018). Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring. *Journal of Medical Systems*, 42, 130. <https://doi.org/10.1007/s10916-018-0982-x>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29, 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Gulati, S. (2008). Technology-enhanced learning in developing nations: A review. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 9, 1. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v9i1.477>
- Gupta, A., Mittal, H., & Bhattacharya, S. (2019). Smart water management using Internet of Things (IoT) and Big Data analytics. *2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*, (págs. 1-6).
- Haklay, M., Jankowski, P., & Zwoliński, Z. (2018). Selected modern methods and tools for public participation in urban planning—a review. *Quaestiones Geographicae*, 37.
- Hannan, M. A., Mamun, A. A., Hussain, M., & Basri, A. (2018). H., & Begum, R. A. *A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: Issues and challenges*, 77, 509-523. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.05.033>
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2012). Foundations for smarter cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54, 1-16. <https://doi.org/10.1147/jrd.2010.2048257>
- Hashem, I. A., Chang, V., Anuar, N. B., Adewole, K., Yaqoob, I., Gani, A., & Chiroma, H. (2016). The role of big data in smart city. *International Journal of Information Management*, 36, 748-758. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.002>
- Hashem, I. A., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U. (2016). The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues. *Information Systems*, 47, 98-115. <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.07.006>

- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios. *Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, (págs. 3928-3937).
- Hernández, J. G., Arzuaga, L., & Guerrero, J. I. (2018). A comprehensive review on microgrid and virtual power plant concepts employed for distributed energy resources scheduling in power systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *90*, 402-419.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.025>
- Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City*, *12*, 303-320.
<https://doi.org/10.1080/13604810802479126>
- Hollands, R. G. (2015). Critical interventions into the corporate smart city. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, *8*, 61-77. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu011>
- Hood, L., & Friend, S. H. (2011). Predictive, personalized, preventive, participatory (P4) cancer medicine. *Nature Reviews Clinical Oncology*, *8*, 184-187.
<https://doi.org/10.1038/nrclinonc.2010.227>
- Hoorweg, D., Sugar, L., & Gomez, C. L. (2020). Cities and greenhouse gas emissions: moving forward. *Urbanisation*, *5*, 43–62.
- Islam, S. M., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., & Kwak, K. S. (2015). The Internet of Things for health care: a comprehensive survey. *IEEE Access*, *3*, 678-708.
<https://doi.org/10.1109/access.2015.2437951>
- Janssen, M., Weerakkody, V., Ismagilova, E., Sivarajah, U., & Irani, Z. (2018). A framework for analysing blockchain technology adoption: Integrating institutional, market and technical factors. *International Journal of Information Management*, *47*, 19-31.
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.012>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: Past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, *2*, 230-243.
<https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Kellermann, A. L., & Jones, S. S. (2013). What it will take to achieve the as-yet-unfulfilled promises of health information technology. *Health Affairs*, *32*, 63-68.
<https://doi.org/10.1377/hlthaff.2012.0693>
- Khan, Z., Ludlow, D., Loibl, W., & Soomro, K. (2019). ICT enabled participatory urban planning and policy development: The UrbanAPI project. *Transforming Government: People, Process and Policy*, *7*, 205-229. <https://doi.org/10.1108/tg-09-2013-0030>
- Kitchin, R. (2015). Making sense of smart cities: Addressing present shortcomings. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, *8*, 131-136. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsu027>
- Kitchin, R., Lauriault, T. P., & McArdle, G. (2015). Knowing and governing cities through urban indicators, city benchmarking and real-time dashboards. *Regional Studies, Regional Science*, *2*, 6-28. <https://doi.org/10.1080/21681376.2014.983149>
- Klichowski, M., Bonanno, P., Jaskulska, S., Smaniotto Costa, C., de Lange, M., Klausner, F. R., & others. (2015). CyberParks as a new context for Smart Education: theoretical background, assumptions, and pre-service teachers' rating. *American Journal of Educational Research*, *3*, 1–10.

- Klievink, B., Romijn, B. J., Cunningham, S., & de Bruijn, H. (2017). Big data in the public sector: uncertainties and readiness. *Information Systems Frontiers, 19*, 267-283. <https://doi.org/10.1007/s10796-016-9686-2>
- Komninos, N. (2014). *The age of intelligent cities: smart environments and innovation-for-all strategies*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315769349>
- Komninos, N., Pallot, M., & Schaffers, H. (2013). Special issue on smart cities and the future internet in Europe. *Journal of the Knowledge Economy, 4*, 119-134. <https://doi.org/10.1007/s13132-012-0083-x>
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production, 175*, 544-552. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>
- Kouroubali, A., Katehakis, D. G., & Logaras, A. (2019). The role of innovation and technology in shaping the future of electronic health records. En J. Hasman, A. Gallos, P. Kolokathi, A., & M. Househ (Edits.), *Mantas* (págs. 7-10). Health Informatics Vision: From Data via Information to Knowledge. Proceedings of the European Federation for Medical Informatics (EFMI) 2019 Special Topic Conference, April 2019, Hannover, Germany, pp. 3-7. <https://doi.org/10.3233/shti289>
- Kramers, A., H"ojer, M., L"ovehagen, N., & Wangel, J. (2014). Smart sustainable cities—Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities. *Environmental Modelling & Software, 56*, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.12.019>
- Krumholz, H. M. (2014). Big data and new knowledge in medicine: the thinking, training, and tools needed for a learning health system. *Health Affairs, 33*, 1163-1170. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2014.0053>
- Kshetri, N., & Voas, J. (2018). Blockchain-enabled e-voting. *IEEE Software, 35*, 95-99. <https://doi.org/10.1109/ms.2018.2801546>
- Kumar, P., Morawska, L., Martani, C., Biskos, G., Neophytou, M., Sabatino, D., & Norford, L. (2020a). The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. *Environment International, 75*, 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.019>
- Kumar, R. B., Ayachit, A., & Bansal, V. (2020b). Challenges and future perspectives of telemedicine for smart healthcare in smart cities. En *Smart Cities-Opportunities and Challenges* (págs. 175-196). Singapore. <https://doi.org/10.1109/s3c.2017.8501361>
- Kummitha, R. K., & Crutzen, N. (2017). How do we understand smart cities? An evolutionary perspective. *Cities, 67*, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.04.010>
- Kuo, T. T., Kim, H. E., & Ohno-Machado, L. (2017). Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *Journal of the American Medical Informatics Association, 24*, 1211-1220. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocx068>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511815355>
- Letaifa, S. B. (2015). How to strategize smart cities: Revealing the SMART model. *Journal of Business Research, 68*, 1414-1419. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.01.024>

- Li, X., Wang, D., Liang, X., & Huang, D. (2018). Big data in tourism research: A literature review. *Tourism Management, 68*, 301-323. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.03.009>
- Li, Y., Dai, W., Ming, Z., & Qiu, M. (2015). Privacy protection for preventing data over-collection in smart city. *IEEE Transactions on Computers, 65*, 1339-1350. <https://doi.org/10.1109/tc.2015.2470247>
- Li, Z., Kang, J., Yu, R., Ye, D., Deng, Q., & Zhang, Y. (2018). Consortium blockchain for secure energy trading in industrial internet of things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics, 14*, 3690-3700. <https://doi.org/10.1109/tii.2017.2786307>
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D., & Ramos, L. F. (2017). Past, present and future of Industry 4.0: A systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research, 55*, 3609-3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- Lim, C., Kim, K. J., & Maglio, P. P. (2018). Smart cities with big data: Reference models, challenges, and considerations. *Cities, 82*, 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.011>
- Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., & Yousef, W. (2012). Modelling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research, 25*, 137-149. <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660325>
- Luna-Reyes, L. F., Gil-Garcia, J. R., & Romero, G. (2014). Towards a multidimensional model for evaluating electronic government: Proposing a more comprehensive and integrative perspective. *Government Information Quarterly, 31*, 323-334. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2012.03.001>
- Lund, H., Møller, B., Mathiesen, B. V., & Dyrelund, A. (2010). The role of district heating in future renewable energy systems. *Energy, 35*, 1381-1390. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.11.023>
- Lundqvist, T., & Grunditz, R. (2017). A blockchain based approach for a multi-level energy market. *2017 IEEE Nordic Circuits and Systems Conference (NORCAS): NORCHIP and International Symposium of System-on-Chip (SoC)* (págs. 1-6). IEEE.
- Majeed, A., Bhana, R., & Parvez, S. (2018). Controlling energy consumption by Internet of Things (IoT) applications. *Journal of Fundamental and Applied Sciences, 10*, 608–611.
- Makkonen, T., Inkinen, T., & Saarni, J. (2014). Innovation quality in knowledge cities: Empirical evidence of innovation award competitions in Finland. *Expert Systems with Applications, 41*, 5597-5604. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.02.010>
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures, 90*, 46-60. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>
- Marmot, M. (2015). The health gap: the challenge of an unequal world. *The Lancet, 386*, 2442-2444. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(15\)00150-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(15)00150-6)
- Marsal-Llacuna, M. L., Colomer-Llinàs, J., & Meléndez-Frigola, J. (2020). Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative. *Technological Forecasting and Social Change, 58*, 200-213. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.01.012>

- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Houghton Mifflin Harcourt. <https://doi.org/10.3359/oz1314047>
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. (2016). Governing the smart city: A review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*, *82*, 392-408. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>
- Meijer, A., Bolívar, R., M., P., & Gil-García, J. R. (2019). Smart city research: Contextual conditions, governance models, and public value assessment. *Social Science Computer Review*, *37*, 127-141. <https://doi.org/10.1177/0894439315618890>
- Menachemi, N., & Collum, T. H. (2011). Benefits and drawbacks of electronic health record systems. *Risk Management and Healthcare Policy*, *4*, 47-55. <https://doi.org/10.2147/rmhp.s12985>
- Mengelkamp, E., Notheisen, B., Beer, C., Dauer, D., & Weinhardt, C. (2018). A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets. *Computer Science-Research and Development*, *33*, 207-214. <https://doi.org/10.1007/s00450-017-0360-9>
- Mian, S., Lamine, W., & Fayolle, A. (2016). Technology business incubation: An overview of the state of knowledge. *Technovation*, *50*, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2016.02.005>
- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2014). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, *10*, 1497-1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *Big Data & Society*, *3*, 2053951716679679. <https://doi.org/10.1177/2053951716679679>
- Mohammadi, M., Al-Fuqaha, A., Sorour, S., & Guizani, M. (2018). Deep learning for IoT big data and streaming analytics: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *20*, 2923-2960. <https://doi.org/10.1109/comst.2018.2844341>
- Mokhtarian, P. L. (2019). Subjective well-being and travel: Retrospect and prospect. *Transportation*, *46*, 493-513.
- Mora, L., Deakin, M., & Reid, A. (2017). Combining co-citation clustering and text-based analysis to reveal the main development paths of smart cities. *Technological Forecasting and Social Change*, *142*, 56-69. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.019>
- Mougayar, W. (2016). *The business blockchain: promise, practice, and application of the next Internet technology*. John Wiley & Sons.
- Mourtzis, D., Vlachou, E., & Milas, N. (2016). Industrial Big Data as a result of IoT adoption in manufacturing. *Procedia CIRP*, *55*, 290-295. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.038>
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times* (págs. 282-291). ACM.
- Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton University Press. [https://doi.org/10.1016/s1353-4858\(16\)30074-5](https://doi.org/10.1016/s1353-4858(16)30074-5)

- Neirotti, P., De Marco, A., Cagliano, A. C., Mangano, G., & Scorrano, F. (2021). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*, *38*, 25-36.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.12.010>
- Neuhofer, B., Buhalis, D., & Ladkin, A. (2019). Technology as a catalyst of change: Enablers and barriers of the tourist experience and their consequences. En *The Handbook of Tourism Experience Management and Marketing* (págs. 37-53). Routledge.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-14343-9_57
- Nohr, C., Parv, L., Kink, P., Cummings, E., Almond, H., & Nøhr, C. (2017). Nationwide citizen access to their health data: analysing and comparing experiences in Denmark, Estonia and Australia. *BMC Health Services Research*, *17*, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12913-017-2482-y>
- Nuaimi, A., Al Neyadi, E., Nader, H., & Al-Jaroodi, J. (2015). Applications of big data to smart cities. *Journal of Internet Services and Applications*, *6*, 25. <https://doi.org/10.1186/s13174-015-0041-5>
- Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). Predicting the future - Big data, machine learning, and clinical medicine. *New England Journal of Medicine*, *375*, 1216-1219.
<https://doi.org/10.1056/nejmp1606181>
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, *83*, 121-139.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Ojo, A., Curry, E., & Zeleti, F. A. (2015). A Tale of Open Data Innovations in Five Smart Cities. *2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences* (págs. 2326-2335). IEEE.
- Palensky, P., & Dietrich, D. (2011). Demand side management: Demand response, intelligent energy systems, and smart loads. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *7*, 381-388.
<https://doi.org/10.1109/tii.2011.2158841>
- Pereira, G. V., Parycek, P., Falco, E., & Kleinhans, R. (2013). Smart governance in the context of smart cities: A literature review. *Information Polity*, *18*, 153-162. <https://doi.org/10.3233/ip-170067>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, *40*, 394-398. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>
- Praharaj, S., Han, J. H., & Hawken, S. (2017). Urban innovation through policy integration: Critical perspectives from 100 smart cities mission in India. *City, Culture and Society*, *12*, 35-43.
<https://doi.org/10.1016/j.ccs.2017.06.004>
- Pujol, L., Roussou, M., Poulou, S., Balet, O., Vayanou, M., & Ioannidis, Y. (2014). Personalizing interactive digital storytelling in archaeological museums: The CHES project. *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection*, *8740*, 77-86.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-12337-0_28
- Rahman, A., Srikantaiah, S., & Buyya, R. (2015). A dynamic sensor selection mechanism for the Internet of Things (IoT) cloud. En S. Networks, & I. P. (issnip) (Ed.), *2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors* (págs. 1-6). IEEE.

- Rathore, M. M., Ahmad, A., Paul, A., & Rho, S. (2016). Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics. *Computer Networks*, *101*, 63-80. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.023>
- Reckien, D., Salvia, M., Heidrich, O., Church, J. M., Pietrapertosa, F., De Gregorio-Hurtado, S., . . . others. (2018). How are cities planning to respond to climate change? Assessment of local climate plans from 885 cities in the EU-28. *Journal of cleaner production*, *191*, 207–219.
- Rejeb, A., Keogh, J. G., & Treiblmaier, H. (2020). Leveraging the internet of things and blockchain technology in supply chain management. *Future Internet*, *12*, 117. <https://doi.org/10.3390/fi11070161>
- Richards, G. (2013). Cultural tourism. En *Routledge handbook of leisure studies* (págs. 505–514). Routledge.
- Roca-Riu, M., Estrada, M., & Fernández, E. (2016). Parking slot assignment games: A congestion pricing application for the management of parking facilities. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *71*, 28-48. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.04.010>
- Roman, R., Lopez, J., & Mambo, M. (2018). Mobile edge computing, fog et al.: A survey and analysis of security threats and challenges. *Future Generation Computer Systems*, *78*, 680-698. <https://doi.org/10.1016/j.future.2016.11.009>
- Rydin, Y., Bleahu, A., Davies, M., Dávila, J. D., Friel, S., De Grandis, G., . . . Wilson, J. (2012). Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century. *The Lancet*, *379*, 2079-2108. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(12\)60435-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)60435-8)
- Sadowski, J. (2020). The internet of things and the new urban imaginary. En de Lange, & M. de Waal (Edits.), *M* (págs. 141-156). *The Hackable City: Digital Media and Collaborative City-Making in the Network Society*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2694-3>
- Sánchez, L., Galache, J. A., Gutierrez, V., Hernandez, J. M., Bernat, J., Gluhak, A., & García, T. (2014). SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks*, *61*, 217-238. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2013.12.020>
- Scholl, H. J., & AlAwadhi, S. (2016). Smart governance as key to multi-jurisdictional smart city initiatives: The case of the eCityGov Alliance. *Social Science Information*, *55*, 255–277.
- Shaheen, S. A., Guzman, S., & Zhang, H. (2012). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia: Past, present, and future. *Transportation Research Record*, *2276*, 159-167. <https://doi.org/10.3141/2143-20>
- Sharifi, A., & Khavarian-Garmsir, A. R. (2019). The COVID-19 pandemic: Impacts on cities and major lessons for urban planning, design, and management. *Science of the Total Environment*, *749*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142391>
- Sharifi, A., Khavarian-Garmsir, A. R., & Sakieh, Y. (2021). Assessing the smartness of cities and their progress toward climate resilience: An exploratory study of 100 global cities. *Cities*, *112*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104101>
- Sharma, S., Tim, U. S., Wong, J., Gadia, S., & Sharma, S. (2016). A framework for big data analytics approach to smart cities. *Proceedings of the IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, (págs. 2630-2637).

- Sigala, M. (2017). Collaborative commerce in tourism: Implications for research and industry. *Current Issues in Tourism*, 20, 346-363. <https://doi.org/10.1080/13683500.2014.982522>
- Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 38, 697-713. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053>
- Sperling, D. (2018). *Three revolutions: Steering automated, shared, and electric vehicles to a better future*. Island Press. <https://doi.org/10.5822/978-1-61091-906-7>
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Swan, M. (2012). Health 2050: The realization of personalized medicine through crowdsourcing, the quantified self, and the participatory biocitizen. *Journal of Personalized Medicine*, 2, 93-118. <https://doi.org/10.3390/jpm2030093>
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. Penguin. <https://doi.org/10.1080/10686967.2018.1404373>
- Thompson, N., Horne, R., & Huerta, E. (2020). Emerging technologies and cultural heritage: The case of the smart museum. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 17, e00139. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2020.e00139>
- Topol, E. (2012). *The Creative Destruction of Medicine: How the Digital Revolution Will Create Better Health Care*. Basic Books. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2012.0803>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Trindade, E. P., Hinnig, M. P., da Costa, E. M., Marques, J. S., Bastos, R. C., & Yigitcanlar, T. (2017). Sustainable development of smart cities: A systematic review of the literature. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 3, 1-14.
- Tsou, M.-H., Jung, C.-T., Allen, C., Yang, J.-A., Han, S. Y., Spitzberg, B. H., & Dozier, J. (2017). Building a real-time geo-targeted event observation (Geo) viewer for disaster management and situation awareness. *Advances in Cartography and GIScience: Selections from the International Cartographic Conference 2017 28*, (págs. 85-98).
- Ulieru, M., & Verdon, J. (2009). Organizational transformation in the digital economy. *2009 7th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, (págs. 17-24).
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0—a glimpse. *Procedia manufacturing*, 20, 233-238.
- van den Hoed, R., Helmus, J., & Kooi, M. (2016). Laadgedrag van PlugIn Hybride Elektrische Voertuigen op publieke laadpunten in de G4 en MRA-E.
- Van Dijk, J. A. (2013). A theory of the digital divide. En *The digital divide* (págs. 49-72). Routledge.
- Van Zoonen, L. (2016). Privacy concerns in smart cities. *Government Information Quarterly*, 33, 472-480.
- Vanolo, A. (2014). Smartmentality: The smart city as disciplinary strategy. *Urban studies*, 51, 883-898.

- Vidal-Alaball, J., Acosta-Roja, R., Hernández, N. P., Luque, U. S., Morrison, D., Pérez, S. N., . . . Seguí, F. L. (2020). Telemedicine in the face of the COVID-19 pandemic. *Atencion primaria, 52*, 418–422.
- Vlahogianni, E. I., Karlaftis, M. G., & Golias, J. C. (2014). Short-term traffic forecasting: Where we are and where we're going. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 43*, 3–19.
- Wac, K. (2012). Smartphone as a personal, pervasive health informatics services platform: literature review. *Yearbook of medical informatics, 21*, 83–93.
- Wachter, S., Mittelstadt, B., & Floridi, L. (2017). Why a right to explanation of automated decision-making does not exist in the general data protection regulation. *International Data Privacy Law, 7*, 76–99.
- Wals, A. E. (2014). Sustainability in higher education in the context of the UN DESD: a review of learning and institutionalization processes. *Journal of Cleaner Production, 62*, 8–15.
- Wang, S., Taha, A. F., Wang, J., Kvaternik, K., & Hahn, A. (2019). Energy crowdsourcing and peer-to-peer energy trading in blockchain-enabled smart grids. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 49*, 1612–1623.
- Wang, T., Bhuiyan, M. Z., Wang, G., Rahman, M. A., Wu, J., & Cao, J. (2018). Big data reduction for a smart city's critical infrastructural health monitoring. *IEEE Communications Magazine, 56*, 128–133.
- Warschauer, M., & Matuchniak, T. (2010). New technology and digital worlds: Analyzing evidence of equity in access, use, and outcomes. *Review of research in education, 34*, 179–225.
- Wilson, K. E., Vyakarnam, S., Volkman, C., Mariotti, S., & Rabuzzi, D. (2009). Educating the next wave of entrepreneurs: Unlocking entrepreneurial capabilities to meet the global challenges of the 21st century. *World Economic Forum: A Report of the Global Education Initiative*.
- Wootton, R., Bahaadinbeigy, K., & Hailey, D. (2011). Estimating travel reduction associated with the use of telemedicine by patients and healthcare professionals: proposal for quantitative synthesis in a systematic review. *BMC health services research, 11*, 1–10.
- Xiang, Z., Du, Q., Ma, Y., & Fan, W. (2017). A comparative analysis of major online review platforms: Implications for social media analytics in hospitality and tourism. *Tourism Management, 58*, 51–65.
- Xiao, X.-Y., Jin, L., Kateb, F., & Aldeeb, H. M. (2021). Modernisation of urban governance: An approach of 'Blockchain+ Big Data'. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences, 6*, 535–542.
- Xu, D., L., He, W., & Li, S. (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics, 10*, 2233–2243. <https://doi.org/10.1109/tii.2014.2300753>
- Ye, X., Li, W., & Huang, Q. (2018). A synthesized urban science in the context of big data and cyberinfrastructure. *Big Data Support of Urban Planning and Management: The Experience in China, 435–448*.
- Yigitcanlar, T., Inkinen, T., & Makkonen, T. (2015). Does size matter? Knowledge-based development of second-order city-regions in Finland. *disP-The Planning Review, 51*, 62–77.

- Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things journal*, 1, 22–32.
- Zhang, Y., Zhang, X., Ning, S., Gao, J., & Liu, Y. (2019). Energy-efficient multilevel heterogeneous routing protocol for wireless sensor networks. *IEEE Access*, 7, 55873–55884.
- Zheng, Y., Capra, L., Wolfson, O., & Yang, H. (2014). Urban computing: concepts, methodologies, and applications. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 5, 1–55.
- Zhong, R. Y., Newman, S. T., Huang, G. Q., & Lan, S. (2016). Big Data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: Challenges, opportunities, and future perspectives. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 572–591.
- Ziegeldorf, J. H., Morchon, O. G., & Wehrle, K. (2014). Privacy in the Internet of Things: threats and challenges. *Security and Communication Networks*, 7, 2728–2742.
- Zohar, A. (2015). Bitcoin: under the hood. *Communications of the ACM*, 58, 104–113.
- Zuboff, S., Möllers, N., Wood, D. M., & Lyon, D. (2019). Surveillance Capitalism: An Interview with Shoshana Zuboff. *Surveillance & Society*, 17, 257–266.
- Zygiaris, S. (2013). Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. *Journal of the knowledge economy*, 4, 217–231.