

Capítulo 12. Sistemas inteligentes de transporte y tecnologías de la información en la movilidad y habitabilidad urbana



LAURA ELENA RODRÍGUEZ JÁCOME*

ARTURO VELÁZQUEZ RUIZ**

LEONARDO DANIEL RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ***

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.423.12>

Resumen

La problemática de gestión de tráfico y movilidad urbana impacta severamente en enfermedades respiratorias, altos niveles de estrés, ruido, emisión de gases efecto invernadero, costos por prolongados tiempos de desplazamiento, congestionamiento vehicular, entre otros. Las ciudades se han convertido en puntos nodales de vulnerabilidades humanas, en donde la habitabilidad urbana se ha vuelto una expresión visible que exige la formulación de alternativas transformadoras hacia el desarrollo sostenible. Para enfrentar la demanda de una movilidad que crece día a día, se ha implementado el uso de tecnologías de la información y sistemas inteligentes de transporte, que se han desarrollado desde la década de los 90 como una alternativa sostenible.

Se analizan sistemas inteligentes de transporte y tecnología de la información (TIC) en países globales como Alemania, Suecia, Singapur, Países Bajos y en América Latina. Como resultado, se presentan soluciones inteligentes configuradas para brindar mejor calidad de vida a las personas reduciendo el congestionamiento vehicular para lograr una mejor conectividad

* Maestra en Vías Terrestres. Estudiante de doctorado en la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4919-7136> ; correo electrónico: z523000946@estudiantes.uv.mx

** Doctor en Arquitectura y Urbanismo. Profesor de tiempo completo en la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8525-1962>

*** Doctor en Desarrollo Regional Sustentable. Investigador de tiempo completo en la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9214-3225>

y traslados dentro de la ciudad, los cuales reducen las emisiones de CO₂ atendiendo a los objetivos de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. El presente artículo hace evidente que las comunicaciones guiadas por las TIC, desde el enfoque de la habitabilidad urbana, implican conexiones entre ciencia, medio ambiente, arquitectura, planeación urbana y gobernanza.

Palabras clave: *sistemas inteligentes de transporte, movilidad, habitabilidad urbana.*

Introducción

En la actualidad, el problema de la movilidad urbana se presenta en muchas ciudades alrededor del mundo, tanto en países desarrollados como en los países en vías de desarrollo. Derivado de esta situación se han buscado alternativas de solución para hacer frente a dicha problemática, sin embargo, es un problema que continúa y crece día a día, motivo por el cual las herramientas tecnológicas han sido elementos básicos e indispensables para enfrentar los nuevos retos que se presentan para tener una eficaz movilidad urbana.

Según Serrano (2019), la movilidad es un elemento primordial de la estructura urbana que influye de manera significativa en su desarrollo, enlaza y conecta las actividades de la población; a pesar de esto, la calidad de los viajes y traslados dentro de una ciudad no es únicamente garantizar que se efectúen los movimientos de las personas, sino lo que sucede antes, durante y después de ese recorrido, ya que de eso depende la experiencia de viaje de los usuarios y su seguridad para llevarlos a cabo.

Los gobiernos se han centrado en que el problema de la movilidad repercute en el tema de la seguridad vial y tratan, de manera independiente, otros problemas como el de las consecuencias medioambientales. Han sido importantes las consecuencias negativas generadas por el congestionamiento vehicular, el cual ha sido definido por organismos internacionales como prioridad dentro de los nuevos objetivos de desarrollo sustentable para 2030 (Vélez y Ferrer, 2017).

El problema del congestionamiento vehicular tiene implicaciones negativas para la ciudad y las personas que habitan en ella, largos tiempos de traslado, altos costos de desplazamiento, afecta la salud de los habitantes (problemas respiratorios, estrés, accidentes viales, etc.); también, altos niveles de ruido, problemas en el medio ambiente como contaminación atmosférica, emisión de gases efecto invernadero y pérdidas económicas.

Enfrentar las crecientes problemáticas de movilidad de las ciudades ha sido uno de los grandes retos de los gobiernos y la sociedad civil organizada en las últimas décadas. Resolver la congestión, la contaminación, la desigualdad social, prevenir accidentes viales, brindar accesibilidad a la ciudad y recuperar los espacios públicos han sido factores claves que han llevado a la planeación e implementación de mejores sistemas de transporte masivo, como punto de partida para iniciar la ruta hacia una movilidad sustentable. (Páez, 2017, p. 12)

Las tecnologías de los sistemas inteligentes de transporte (SIT o ITS por sus siglas en inglés) han permitido que se desarrollen aplicaciones para controlar tránsito en el ámbito urbano e interurbano, siendo muy versátiles en su aplicación y cobertura para el control del tráfico en las calles y carreteras, aplicándose a distintos medios y modos de transporte, tanto en el área rural como en la urbana (Quintero y Prieto, 2015).

Es importante que las ciudades aprovechen la tecnología e innovaciones, ya que mediante los teléfonos inteligentes, pagos móviles, GPS y varias aplicaciones se pueden tener mejores opciones para atender los problemas que se presentan de movilidad, relacionados con transporte urbano, inseguridad, percances viales, etc. (Instituto Mexicano para la Competitividad A. C., 2019).

Mediante las aplicaciones de teléfonos móviles se puede visualizar tiempo, costos y mejores rutas para llegar al destino deseado, se pueden reservar y comprar boletos para viajes inter y multimodales con anticipación, así como organizar de mejor manera sus traslados. La tecnología de los teléfonos inteligentes crea una conexión entre los usuarios y los sistemas de transporte, proporcionando información sobre elecciones de movilidad en tiempo real (Agora Verkehrswende, 2017).

Los SIT son una forma de trabajar en conjunto entre diferentes dependencias y jurisdicciones, compartiendo información, no obstante, la tecnología de los ITS no resuelve por sí sola la problemática de movilidad o de transporte, ya que requieren la intervención de personas en actividades para gestión y operatividad (Acha y Espinosa, 2004).

Las tendencias tecnológicas que han surgido generan cambios en la movilidad urbana, se interrelacionan; de este modo, algunas tendencias son la inteligencia artificial, *machine learning*, *big data* (datos masivos) internet de las cosas, entre otras (Joaquín Acosta, 2020).

Fundamentos teóricos

Movilidad

El término movilidad urbana, se refiere a la necesidad y acceso de la población para acceder y disfrutar de los servicios dentro de la ciudad, al movimiento e interacción de las personas con su entorno y espacio urbano, haciendo uso de la infraestructura y de diferentes modos de transporte. Además, la movilidad urbana debe ser equitativa, segura y eficiente, sustentable con su entorno y la ciudad (Páez, 2017).

La movilidad urbana se enfoca en los distintos desplazamientos que se llevan a cabo dentro de la ciudad mediante redes de conexión local, utilizando distintos medios de transporte, ya sea público o privado, autobuses, metro, taxi, transporte colectivo o vehículo particular, siendo más importante la manera y la calidad en la que realizan sus viajes y hacen uso del espacio público (Jans, 2017).

Al imaginar una movilidad para el siglo XXI se espera que contribuya a la construcción de una ciudad hecha a la medida de la ciudadanía que la camina, y ya no de los autos que la recorren o de las grandes autopistas que la convierten en pista de carreras, intransitable e insegura. Para ello, será necesario cambiar la manera de decidir y establecer las prioridades, asignar las fuentes y gestionar y ejecutar los recursos, proyectos y acciones que garanticen una movilidad sostenible. (SEDATU 2018, p. 58)

La movilidad urbana se refiere a que el usuario pueda realizar sus recorridos de una manera eficaz, con calidad y que exista una conexión eficiente entre los diferentes medios de transporte. El sistema de transporte público deberá brindar una mejor accesibilidad a los habitantes hacia los distintos puntos de las ciudades, brindando el acceso al individuo a distintas zonas urbanas, asegurando la existencia de conexiones e interacciones de diversas redes de transporte; como respuesta a esta situación se ha creado nueva infraestructura vial, sin embargo, se generan mayores problemas de tráfico vehicular (Jans, 2017).

La problemática de la congestión vehicular y la deficiente movilidad urbana impacta en el nivel económico, social, de salud, medio ambiente, las cuales son áreas importantes de tomar en cuenta y valorar su existencia para mejorar aquellas condiciones negativas que se han presentado en mayor medida, por lo cual se debe brindar una mejor calidad de vida a los usuarios que utilizan el transporte público diariamente (Jans, 2017).

Tecnologías de la información y sistemas inteligentes de transporte

Los sistemas inteligentes de transporte son una herramienta tecnológica eficaz para mejorar los traslados de bienes y personas; en los últimos años han sido una alternativa para mejorar la operación de redes de transporte; de este modo la incorporación de los sistemas inteligentes de transporte ha tenido lugar gracias a las tecnologías de información en comunicaciones, electrónica y control, creando caminos, vehículos, transporte y usuarios inteligentes, esperando que mediante esta tecnología se beneficie la seguridad la operación de los sistemas de transporte, teniendo rutas más eficientes, así como dispositivos de advertencia y atención para percances viales (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2014).

Se requieren tecnologías para la planeación, gestión, operación y monitoreo de la movilidad. (Eje. Tecnologías de recaudo, tecnologías para el monitoreo de los autobuses, tecnologías para sistemas de control del tránsito, tecnologías de operación de sistema de bicicleta pública etc.). De igual manera las nuevas tecnologías y la apertura de datos también están transformando y

fortaleciendo las relaciones con los usuarios del sistema de movilidad para brindar mayor certidumbre y disponibilidad. (Páez, 2017, p. 8)

La integración de los sistemas inteligentes, a través de datos y tecnologías, de los sistemas de movilidad urbana, optimiza los traslados mediante el uso de uno o varios modos de transporte, brindando una mejor experiencia a los usuarios y mejorando las condiciones medio ambientales, reduciendo agentes contaminantes; sin embargo, no todas las ciudades en el mundo tienen la capacidad para adquirir, introducir y mantener los servicios tecnológicos necesarios, así como la infraestructura adecuada, ya sea por situaciones políticas, económicas o problemas sociales (Costa, 2022).

Las TIC amplían el abanico de posibilidades para la gestión inteligente del tráfico a través de plataformas que sirven para optimizar los flujos de tráfico, y en las cuales diferentes entidades pueden colaborar (a nivel local, regional, etc.). Así mismo, permiten también desarrollar sistemas de estacionamiento inteligente (mediante sensores colocados bajo la calzada o cámaras que analizan el espacio disponible para estacionarse); sistemas de monitoreo y control del tráfico y la velocidad calculando los valores óptimos con base en los flujos existentes; semáforos de control en los accesos a autopistas dependiendo de la saturación de la carretera (ramp metering), entre muchas otras soluciones. (Vélez y Ferrer, 2017, p. 258)

Para mantener el correcto funcionamiento y aplicación de los sistemas ITS se debe tener un centro de control de la gestión del tráfico, para gestionar y analizar la información en tiempo real recabada mediante las tecnologías de los sistemas inteligentes, para tomar las mejores decisiones acordes con las necesidades que se presentan en las vialidades, procesarlas y devolver dicha información a los usuarios para dar avisos oportunos y se tomen rutas alternas que modifiquen los tiempos de ciclo de semáforos, además de brindar a los conductores el servicio adecuado y evitar congestionamientos viales.

Los centros de control de tráfico tienen como objetivo principal aplicar diferentes estrategias para mitigar el impacto dinámico del tráfico en las vialidades. Algunas ciudades en el mundo han implementado un recurso tecnológico lla-

mado Sistemas de Gestión del Tráfico Universal (UTMS, por sus siglas en inglés) para lograr alcanzar un control óptimo del tránsito. (Pasajero7, 2021)

Los sistemas integrados de información de tráfico reciben la información de datos de volúmenes vehiculares mediante los sistemas inteligentes de transporte, como sensores, radares, cámaras de monitoreo, etc., dicha transferencia de datos se analiza en los centros de control y se informa mediante paneles informativos, avisos por sistemas de telecomunicaciones a los peatones y vehículos (Pasajero7, 2021).

Habitabilidad urbana

La habitabilidad urbana se ha ligado estrechamente a la calidad de vida urbana y a las necesidades básicas de las personas, del mismo modo se ha vinculado a los componentes subjetivos, sociales y comunitarios, así que, atendiendo a la definición de salud otorgada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) donde se refiere a que no solamente es la ausencia de un padecimiento o enfermedad en el individuo, también interviene el estado físico, mental y social de las personas (Alvarado et al., 2017).

Como resultado de la construcción de un nuevo paradigma en torno a la movilidad, se consolida una vertiente teórica donde se vincula el tema con el derecho a la ciudad. Actualmente existe un cúmulo de declaratorias y acuerdos internacionales que destacan esta relación. Desde esta perspectiva, la crisis de movilidad se vincula con el derecho a la misma, pero también con el derecho a la habitabilidad. (Cruz-Muñoz, 2018, p. 279)

Hay mucho trabajo por hacer en materia de habitabilidad urbana en los espacios públicos, en el aspecto ambiental, calidad del aire apropiada, áreas verdes distribuidas equitativamente, espacios libres de suciedad, contaminación y malos olores. Debe existir una interacción con el entorno vehicular de manera satisfactoria, en el cual el vehículo particular no represente una amenaza para la integridad de la población, mencionando algunos de los aspectos que intervienen y hacen evidente lo mucho que falta por hacer en materia de habitabilidad urbana (Alvarado et al., 2017).

Actualmente muchos países están enfocados en mejorar la calidad de vida de los habitantes, en que las personas tengan la posibilidad de recorrer las calles de las ciudades con la mayor seguridad, confianza, en buenas condiciones, y que te permitan vivir y disfrutar del entorno conviviendo sanamente, en un espacio libre de contaminación de gases derivados del tráfico vehicular, sin altos niveles de ruido originados por la gran cantidad de vehículos motorizados que circulan en las vialidades.

Procedimiento

Se llevó a cabo un análisis de contenido y revisión bibliográfica de algunas implementaciones de tecnologías de la información y de sistemas inteligentes de transporte en algunas ciudades como Berlín, Estocolmo, Singapur y Ámsterdam, y se investigó sobre las ciudades Latinoamericanas de Tequila, en México, Bogotá y Medellín en Colombia aplicados a la mejora de la movilidad urbana, reduciendo agentes contaminantes y mejorando la habitabilidad urbana.

Se pretende comprender las implementaciones tecnológicas más significativas establecidas que han reducido el problema de movilidad, mejorando la calidad de vida de los habitantes; de este modo, la metodología ayuda a realizar una comparativa, encontrando similitudes y diferencias en los sistemas tecnológicos aplicados. Son diversos los sistemas implementados en países desarrollados, pero se describirán los más significativos y comunes para realizar su implementación y beneficios.

Desarrollo

Alrededor del mundo se tiene diferentes circunstancias en torno al uso de diferentes medios de transporte, en algunos países se utiliza más el transporte urbano, en otros el vehículo particular, bicicleta, etc.

En ciudades como Los Ángeles, el 89% viaja en automóvil, en Hong Kong, únicamente el 7 % utiliza el vehículo, en contraste con Ámsterdam donde el 60 % se traslada mediante el uso de la bicicleta o caminando; en la ciudad de México, el 70 % utiliza transporte masivo (Oliver Wyman Fo-rum, 2019).

Movilidad inteligente en Alemania, Suecia, Singapur y Ámsterdam

Alemania es considerada el precursor de la movilidad inteligente, donde existe una cultura automotriz arraigada, siendo pionera en el uso de las herramientas tecnológicas para el monitoreo y control de la movilidad tanto en carretera y ciudades (Vélez y Ferrer, 2017).

En Alemania hay una educación vial desde los primeros años de vida, los niños asisten solos a la escuela desde el tercer año de primaria y aprenden a caminar por las calles, cruzarlas y llegar a las paradas correctas, así como desplazarse de la casa a la escuela. De igual modo, se toma un curso de primeros auxilios en percances de tránsito, ya que en ese país es obligatorio atender a los lesionados ante un percance de tránsito, de lo contrario si no se hace nada cuando uno es testigo, entonces uno puede ser acreedor a sanciones (Vélez y Ferrer, 2017).

Es de suma importancia tener cultura y educación vial para tener una sociedad preparada que afronte los nuevos retos impuestos por las necesidades que se va teniendo ante los nuevos desafíos a los que se enfrentan la mayoría de las ciudades en cuestión de movilidad y que, aunado a los planes y proyectos propuestos por el gobierno, se pueda trabajar en conjunto para lograr tener mejores resultados.

Se han implementado cámaras y radares para captar vehículos a exceso de velocidad o el cruce de la luz en rojo en las intersecciones, medidas preventivas y correctivas para controlar los límites de velocidad y que sean respetados por los automovilistas. A pesar de tener una cultura y educación vial, se requiere de instrumentos complementarios para regular los percances que forman parte del problema de la movilidad urbana, implementándose el Big Data y sistemas inteligentes de transporte para el mejoramiento de la movilidad (Vélez y Ferrer, 2017)

La capital Berlín está posicionada como una de las ciudades inteligentes ejemplares, tiene un despliegue de sensores para el control del tráfico, detectores de emisiones de contaminantes, captura información sobre las vialidades más utilizadas por las personas para pasear y hacer ejercicio, con estos datos construir nuevas vías, ciclorrutas y senderos. La ciudad busca mejorar el bienestar de sus habitantes utilizando la tecnología, y no solamente le interesa ser una ciudad inteligente, también tiene el interés

de convertirse y ser reconocida como una ciudad verde, donde exista una relación armoniosa con la naturaleza y se garantice un futuro sostenible para las próximas generaciones mejorando la habitabilidad urbana (Levy y Urquijo, 2021).

En Suecia se entiende la movilidad urbana como elemento de desarrollo y bienestar social, centrándose en general una política pública para enfocarse en la protección de la vida de las personas y su desplazamiento como usuarios, ya sea peatones, conductores o pasajeros de manera segura en las calles; también se implementó la política pública de Visión Cero (vc) aprobada en 1997 con el fin de mejorar la seguridad vial (Vélez y Ferrer, 2017).

En Suecia se aplican tecnologías como cámaras y radares de seguridad vial para controlar los excesos de velocidad, dispositivos recordatorios de uso de cinturón de seguridad, dispositivos de bloqueos de automóvil por ingerir alcohol, se dispone de una interfaz de programación de aplicaciones que permite conectarse a la base de datos y consultar estadísticas e información en tiempo real de horarios de trenes, tráfico, clima, etc. (Vélez y Ferrer, 2017).

Estocolmo, la capital de Suecia, es líder en implementar estrategias innovadoras para impulsar la movilidad eléctrica en la ciudad, fijándose el objetivo para el año 2030 de ser carbono neutral. La ciudad ha adoptado estrategias integrales para promover la movilidad eléctrica, para reducir las emisiones de carbono en la ciudad (Utopía Urbana.city, 2023).

De acuerdo con el portal earth.org, Singapur encabeza la lista con el número 1 y se posiciona como la ciudad más inteligente del mundo en el año 2023, lanzando desde el año 2014 la iniciativa *Smart Nation*; ha introducido una amplia variedad de tecnologías inteligentes tanto en el sector público como en el privado (Earth.org, 2023).

La ciudad de Singapur, a partir de diciembre de 2018, puso en marcha un proyecto para ofrecer servicio de autobuses públicos bajo demanda, en el que el usuario tiene la posibilidad de elegir la parada para ser recogido o bajarse del autobús, dentro de un área georreferenciada (Joaquín Acosta, 2020).

En Singapur se materializó el concepto de *Smart City* mediante herramienta e innovación tecnológica, mediante la generación y transferencia

de gran cantidad de datos, una planeación y trabajo en tema de políticas públicas con una visión a futuro (Vélez y Ferrer, 2017).

En Singapur se ha presentado un problema creciente de movilidad y de flujo de vehículos desde 1970 y ha obligado al gobierno local a implementar medidas de control de tráfico de automóviles en sus vías, debido a esto implementó el primer esquema de éxito de tarifas de congestión en centros urbanos (Arcila y Quintero, 2017).

En Singapur, el problema de la congestión vehicular se ha combatido por el lado económico de la ecuación; el cobro de altas primas o impuestos para poseer un vehículo ha sido una práctica común en la ciudad-Estado para desincentivar la compra y uso de automóviles. Adicionalmente, se tiene por hecho que el uso de las vías públicas genera un costo social; en efecto, mientras los conductores y dueños de vehículos estén dispuestos a pagar por este costo, podrán circular por las vías de la ciudad tanto como lo deseen. (Arcila y Quintero, 2017)

Para incentivar a la población a utilizar medios alternativos de transporte, Singapur implementó un esquema de cobro vial por zona para un área restringida en 1975, donde los conductores tenían que adquirir una licencia para poder transitar dentro de esa área (Arcila y Quintero, 2017).

El sistema Electronic Road Pricing (ERP sus siglas en inglés) de Singapur funciona a través de frecuencias de radio, tarjetas inteligentes, detección óptica, cámaras y computadoras para reducir un porcentaje el tráfico, sensores de movimiento y tecnología para el cobro de tarifas a larga distancia, para así monitorear el flujo de vehículos al centro de negocios de la ciudad; este análisis tiene la finalidad de mejorar el aspecto económico y ambiental para tener en cuenta que se debe asumir un costo (Arcila y Quintero, 2017).

Mediante este sistema electrónico se ha estimulado que la población escoja el medio de transporte que más convenga a sus necesidades y capacidad económica para transitar y evaluar los costos económicos y el tiempo que implementarían en sus traslados (Arcila y Quintero, 2017).

La ciudad de Ámsterdam, durante el año 2009, puso en marcha un programa denominado *Amsterdam Smart City*, que se enfocaba en utilizar las

herramientas tecnológicas para lograr los objetivos de una ciudad sostenible, como meta se fijó reducir emisiones de CO₂ en un 40 % para el año 2025, enfocándose en vivienda, movilidad, equipamientos públicos, datos abiertos y trabajo (Danielou, 2014).

En la siguiente tabla se observa la comparativa en términos de movilidad y habitabilidad urbana con el uso de las herramientas tecnológicas para mejora de los desplazamientos de los usuarios, bienes y servicios.

Tabla 1. Comparativa implementación de tecnologías de la información y sistemas inteligentes de transporte en Berlín, Estocolmo, Singapur y Ámsterdam

	Movilidad	TICS y Sistemas Inteligentes de Transporte
Berlín	Monitoreo y control de movilidad en carretera y ciudades	Cámaras y radares para controlar límites de velocidad
	Cultura vial	Autobuses de bajas emisiones de agentes contaminantes
	Tren, metro, tranvía, autobus, bicicleta	Implementación de <i>Big Data</i>
		Autos eléctricos
		<i>Smart City</i> (tecnologías)
Estocolmo		Iluminación inteligente, sensores ambientales
	Política Pública Visión Cero (VC) enfocados en reducción de fallecidos y heridos graves por accidentes viales	Cámaras y radares de seguridad vial para control de exceso de velocidad
	Tratamiento integral de la movilidad	Dispositivos recordatorios de uso de cinturón de seguridad, bloqueos de automóvil por ingerir alcohol
	Tren, tranvía, metro, autobus	<i>Big Data</i>
	Movilidad eléctrica	Aplicaciones móviles para consulta de información en tiempo real (horarios de trenes, buses, tráfico y clima)
Singapur	Implementación de cuotas por el uso de algunas vías	Servicios de autobuses públicos bajo demanda
	Impuestos altos por poseer vehículo particular	<i>Big Data</i>
	Implementación del sistema <i>Electronic Road Pricing</i> (ERP)	Tarifas de congestión en centros urbanos
	Metro MRT, autobuses, bicicletas	Tarjetas Inteligentes
		Cámaras y sensores de movimiento
Ámsterdam		Cobro de tarifas a larga distancia
	Ciudad Activa	Iniciativa <i>Smart</i>
	Cuenta con espacios para ciclistas, peatones, brindando infraestructura adecuada	Iluminación inteligente
		Datos abiertos
		Sitio web y app

Fuente: elaboración propia, octubre 2023.

Movilidad inteligente en México y América Latina

El panorama en México está muy alejado de tener una visión de las ciudades con movilidad inteligente, sin embargo, se ha visto una transformación en la forma de analizar la movilidad urbana en los últimos años. Para esta forma de enfrentar el tema de la movilidad se han abordado tres procesos: proyectos en busca de mejoras en la tecnología y la forma en que se presta el servicio del transporte público; también se ha promovido el uso de modos de transporte no motorizados y, como tercer proceso, se han formulado planes integrales para una movilidad sustentable (Páez, 2017).

En la ciudad Tequila, en el estado de Jalisco, se han implementado herramientas tecnológicas para convertirlo en una ciudad inteligente, mediante tecnologías de la información y sistemas inteligentes a base de cámaras, sensores, *machine learning*, *big data*, la implementación del programa sensor ciudadano, semáforos inteligentes que permite detectar el número de vehículos y personas que circulan en las principales áreas públicas y vialidades, con esta información obtenida en tiempo real, se implementan medidas para controlar y gestionar de manera eficiente el acceso y movilidad de vehículos y personas (Tequila Inteligente, 2021).

La ciudad de Tequila se está enfocando en ser una ciudad inteligente, con la implementación de herramientas tecnológicas para tener una movilidad eficaz para los habitantes, pero especialmente para los turistas que llegan al sitio, optando por ser un destino turístico inteligente.

En América Latina, el 85 % se traslada mediante transporte público, dejando a un lado el caminar a pie o el uso de la bicicleta que, aunque son formas de desplazamiento sostenibles, no se pueden realizar en condiciones óptimas; de igual modo, existe un transporte informal como el transporte colectivo de taxis y mototaxis, ubicados en las áreas en las que no ingresa el transporte urbano regulado (Vélez y Ferrer, 2017).

El panorama general de América Latina en cuestión de movilidad cambia en cada ciudad, ya que depende de sus características sociales, económicas, topográficas y urbanas, siendo una problemática que presentan casi todas las ciudades de Latinoamérica y que, poco a poco, han implementado herramientas tecnológicas, aunque en menor proporción, para resolver la deficiente movilidad urbana que se presenta.

La movilidad es un reto grande que deben afrontar las ciudades de América Latina y el Caribe; para el año 2010 se contaban 60 millones de automóviles en la región, esperando que el número se eleve para el año 2025 y se incorporen otros 80 millones de vehículos a la flota que ya existe, siendo un factor determinante que contribuye al aumento de los congestionamientos, accidentes, emisión de gases contaminantes y gases efecto invernadero (Bouskela et al., 2016).

En las ciudades de Bogotá y Medellín se han enfocado en resolver la problemática de la movilidad urbana por medio de la implementación de transporte público colectivo en busca de una alternativa de solución eficaz.

Hacia fines de la década de 1990, Bogotá experimentó una gran transformación urbana gracias al proyecto TransMilenio, que combina un sistema de transporte rápido y accesible de autobuses (*Bus Rapid Transit* - BRT), que recorre grandes distancias en carriles exclusivos en las principales vías de la ciudad, con la implementación de más de 400 km de ciclovías. La red del TransMilenio tiene un total de 113 km, con 137 estaciones y 12 líneas que actualmente integra el Sistema Integrado de Transporte (SIT). Los barrios son atendidos por autobuses más pequeños y ligeros, divididos en cinco categorías de rutas (urbanas, especiales, complementarias, troncales y alimentadoras). Conjuntamente con la implementación de señalización horizontal y vertical, semáforos inteligentes y cámaras de monitoreo, el SIT mejoró significativamente la movilidad urbana en la ciudad. (Bouskela et al., 2016, p. 80)

La ciudad de Medellín (Colombia) ha estudiado la necesidad de implementar un sistema de movilidad inteligente, el cual debe integrar tecnologías de la información y comunicación (TIC), en conjunto con una infraestructura de transporte y los vehículos, a fin de gestionar de manera eficiente los componentes que intervienen y mejoran la movilidad dentro de la ciudad (Bouskela et al., 2016).

Debido a esto se implementó el Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM), el cual consta de cámaras de fotodetección de infracciones de tránsito, cámaras de monitoreo, semáforos interconectados en red y semáforos con sensores de detección de vehículos que detectan información sobre tráfico (intensidad, ocupación, velocidad media, etc.), contando con

una flota de autobuses equipados con GPS, que cuentan con sensores de velocidad y ocupación.

De lo anterior, toda la información generada es recabada en el Centro de Control de Movilidad de la Secretaría de Transporte y Tránsito, la cual es responsable de monitorear el tráfico, la logística, los análisis predictivos, y generar la información que será procesada mediante paneles electrónicos, aplicaciones móviles y redes sociales, de esta manera informar a los usuarios sobre situaciones viales, avisos y precauciones; mediante la implementación de estas tecnologías, se redujo un 24 % la cantidad de accidentes de tránsito que se suscitaban en la ciudad (Bouskela et al., 2016).

En la tabla 2 se compara la ciudad mexicana Tequila, Jalisco, Bogotá y Medellín en Colombia, identificando las principales implementaciones de aplicaciones tecnológicas.

Tabla 2. Comparativa Implementación de tecnologías de la información y sistemas inteligentes de transporte en Tequila, México, Bogotá y Medellín en Colombia

	Movilidad	TICS y Sistemas Inteligentes de Transporte
Tequila, Jalisco	Sensor Ciudadano (sistema) Transporte público, privado	Cámaras, sensores vialidades, iluminación inteligente, wifi en centro histórico, Apps, semáforos inteligentes, Big data
Bogotá	Proyecto TransMilenio Transporte público Metro, tren Transporte privado	Sistema de transporte rápido <i>Bus Rapid Transit</i> Semáforos inteligentes Cámaras de monitoreo
Medellín	Implementación del Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM) Metro, buses	Cámaras de Fotodetección para infracciones de tránsito Cámaras de monitoreo Semáforos inteligentes Autobuses con GPS con sensores de velocidad y ocupación Paneles electrónicos Aplicaciones móviles y redes sociales

Fuente: elaboración propia, octubre de 2023.

Resultados

En los resultados obtenidos de los lugares analizados, en los que se han aplicado las tecnologías de la información y los sistemas inteligentes de trans-

porte, se observa que han funcionado de manera satisfactoria, mejorando la movilidad urbana, seguridad vial, reduciendo tiempos de traslado, mitigando la emisión de agentes contaminantes y gases de efecto invernadero, regulando el uso del vehículo particular, tomando los sistemas de transporte urbano, y sistemas masivos de transporte como los sistemas predilectos y eficaces, dando espacio a los peatones y ciclistas para transitar libremente con seguridad teniendo un espacio urbano transitable y sustentable.

Las tecnologías de la información y sistemas ITS no se enfocan únicamente en temas de movilidad urbana, aun así existen tecnologías para el medio ambiente, gestión de tráfico, gestión de emergencias, entre otros, dando paso a una ciudad que brinda calidad en cuestión de habitabilidad urbana, preocupándose por el individuo y brindándole un ambiente y espacio digno para su completo desarrollo de manera integral.

El uso de sensores de vialidad, cámaras inteligentes, sistemas de circuito cerrado, centros de control de tráfico, transferencia de datos, aplicaciones móviles, paneles de información al viajero, son algunos de los sistemas y herramientas tecnológicas que tienen en común los sitios analizados en este estudio, aunado a la implementación de políticas inteligentes y planes de movilidad integral.

En ciudades latinoamericanas se implementan tecnologías de la información y sistemas inteligentes de transporte en menor medida, ya que intervienen otros factores como los políticos, económicos y sociales, que afectan la implementación de dichas tecnologías. Se apuesta por el uso de los autobuses rápidos, el uso de tarjetas inteligentes, semáforos inteligentes y cámaras de vigilancia, pero se enfrentan a una infraestructura deficiente para trabajar de manera integral, ya que únicamente ciertas zonas y sectores se modernizan para recibir la implementación de las TIC pero quedan aislados del resto de la ciudad.

Debate

Vélez (2017) menciona que muchas ciudades apuestan por soluciones inteligentes como sensores para el medio ambiente, vehículos eléctricos y redes de sistemas inteligentes, las cuales bajo el mando de un centro de control

van a resolver la problemática de movilidad y los retos urbanos principales. Si no se define primero el problema y se analiza la mejor solución, simplemente se invertirán y gastarán recursos sin realmente obtener un beneficio significativo para la ciudad.

Por otro lado, Quintero (2015) señala que los sistemas inteligentes de transporte son una herramienta confiable y eficaz dentro de la planeación, control y administración del transporte, considerando a éste como elemento esencial para el crecimiento económico y social.

Bouskela (2016) indica que la tecnología debe ser una medida para la sostenibilidad, no es suficiente con hacer inversión en sistemas inteligentes, centros operativos y aplicaciones únicamente, ya que las soluciones deben partir del análisis y las propuestas para lograr una planificación que considere el aspecto de la gobernanza y el económico, mejorando las condiciones sociales, los servicios y la economía.

Derivado de este análisis surgen preguntas como: ¿Las herramientas tecnológicas y aplicación de los sistemas inteligentes de transporte son la solución para el problema de movilidad en las ciudades del mundo? ¿Una movilidad inteligente es la manera de superar los retos en términos de seguridad vial, mejora del medio ambiente y habitabilidad urbana? ¿Se pueden aplicar los sistemas inteligentes de transporte en cualquier ciudad? ¿Estamos preparados para utilizar las tecnologías de la información para solucionar problemas de congestionamiento vehicular?

Conclusiones

La tecnología de los sistemas inteligentes de transporte debe entenderse como las herramientas tecnológicas que ayudan a gestionar de manera eficiente los diferentes tipos de transporte, mejorando la movilidad urbana y peatonal. Son necesarios para afrontar las necesidades actuales que se requieren solventar, brindando medios de transporte sostenibles, equitativos, accesibles e integrales.

Las soluciones, mediante tecnologías inteligentes, no bastan con invertir en los sistemas inteligentes de transporte, se deben hacer propuestas integrales desde el ámbito de políticas públicas hasta llevar a cabo su correcta

implementación y aplicación, tomándolo de una manera integral para que funcionen correctamente.

Los países analizados en este trabajo están enfocados en brindar una mejor calidad de vida a los habitantes, reduciendo los niveles de gases contaminantes, derivados del congestionamiento vehicular por la mala movilidad que existe a nivel mundial en la mayoría de las ciudades del mundo, enfocándose a que las personas utilicen lo menos posible el vehículo particular, brindando un sistema de transporte urbano o masivo que sea eficiente para la población y que satisfaga las necesidades de desplazamientos.

Se está apostando por la implementación de vehículos y transporte urbano eléctrico, así las bicicletas eléctricas buscan fomentar en las personas medios de transporte activos, y sustentables. Las ciudades y países analizados han obtenido avances significativos y brindan a las personas muchas maneras de realizar sus viajes, es decir, viajes multimodales.

Para implementar los sistemas inteligentes de transporte y las tecnologías de la información, en el tema de la movilidad, es necesario que exista una transferencia de información entre todos los actores, dependencias, organismos, empresas, es decir, todos los involucrados en cuestión de tránsito y vialidad, que cada departamento o área trabaje en conjunto a la hora de compartir información y que se tenga el acceso a estos datos obtenidos en tiempo real y a una base de datos sólida y grande para realizar los estudios necesarios para implementar los planes y proyectos de movilidad utilizando las herramientas tecnológicas.

Las ciudades como Berlín, Estocolmo, Singapur y Ámsterdam, coinciden en que tienen big data, teniendo una gran base de datos, transferencia de información, y datos abiertos para que se tomen las mejores decisiones y las acciones pertinentes para afrontar la problemática en cuestión de movilidad.

En las tres ciudades Latinoamericanas analizadas: Bogotá y Medellín en Colombia y la ciudad de Tequila, Jalisco, en México, se observa un implemento de tecnologías en menor medida, en contraste con las ciudades analizadas anteriormente, que se ubican dentro de las denominadas ciudades inteligentes, motivo por el que sería complicado hacer una comparativa, porque son extremos opuestos las condiciones que se tienen, en términos de economía, política y socialmente.

En Latinoamérica se ha incrementado poco a poco el uso de estas tecnologías para mejorar las condiciones de desplazamientos que se realizan, y cada vez son más las ciudades interesadas en buscar soluciones mediante los sistemas inteligentes de transporte, especialmente mediante semáforos inteligentes y cámaras con sensores. En los últimos años se ha buscado crear conciencia sobre el problema ambiental que representa el uso excesivo del vehículo, fomentando en la población el uso de bicicletas, y se opta en mayor medida el uso de autobuses rápidos (BRT).

Referencias

- Acha D., J. y Espinosa R., J. (2004). *Hacia una arquitectura nacional para los sistemas inteligentes de transporte*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte.
- Agora Verkehrswende. (2017). *Transformando el transporte para asegurar la movilidad del mañana*.
- Alvarado A., C., Adame M., S. y Sánchez Nájera, R. (2017). Habitabilidad urbana en el espacio público: El caso del centro histórico de Toluca, Estado de México. *Sociedad y Ambiente*.
- Arcila, A. y Quintero F., J. F. (2017). Análisis de la aplicabilidad internacional del sistema vial de tarifa electrónica (ERP) de Singapur y su impacto a la movilidad: Un enfoque socioambiental para la ciudad de Medellín. *Revista Mundo Asia Pacífico*.
- Bouskela, M., Casseb, M., De Luca, C. y Facchina, M. (2016). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Costa, A. (2022). Sistemas inteligentes de movilidad urbana en Río de Janeiro: Una evaluación crítica. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*.
- Cruz-Muñoz, F. (2018). La movilidad urbana: dimensiones y desafíos. *EURE*, 44(133), 277-281. <https://dx.doi.org/10.4067/s0250-71612018000300277>
- Danielou, J. (2014). Ciudad inteligente y ciudad sostenible: El caso de Ámsterdam. *Ciudades, Territorios y Gobernanza*.
- Earth.org. (2023, marzo 5). *Top 7 smart cities in the world*. <https://earth.org/top-7-smart-cities-in-the-world/>
- Instituto Mexicano para la Competitividad A. C. (2019). *Índice de movilidad urbana: Barrios mejor conectados para ciudades más incluyentes*. IMCO.
- Jans B., M. (2017). Movilidad urbana: En camino a sistemas de transporte colectivo integrados. *AUS - Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad*, 6, 6-11. <https://doi.org/10.4206/aus.2009.n6-02>.

- Joaquín Acosta, A. (2020). Nuevas tendencias de las tecnologías en movilidad urbana. *Economistas*, 169, 51-60.
- Levy, G. y Urquijo, S. (2021). *Berlín, la ciudad inteligente que apuesta por ser la más verde*. Andina Link Smart Cities. <https://www.andinalinksmartcities.com/berlin-la-ciudad-inteligente-que-apuesta-por-ser-la-mas-verde/>
- Oliver Wyman Forum. (2019). *Urban mobility readiness index: How cities rank on mobility ecosystem development*. <https://www.oliverwymanforum.com/content/dam/oliver-wyman/ow-forum/mobility/2019/2019-Mobility-Index-Report.pdf>
- Páez, F. (2017). *La movilidad urbana inteligente: De proyectos aislados a los sistemas integrados de movilidad*.
- Pasajero7. (2021, julio 9). *Sistemas de gestión del tráfico universal y sus beneficios en la movilidad*. <https://www.pasajero7.com/sistemas-gestion-del-trafico-universal-sus-beneficios-en-movilidad/>
- Quintero G., J. R. y Prieto V., L. F. (2015). *Sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías en el control y administración del transporte*. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/7281>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2014). *Elaboración de la arquitectura nacional de ITS [V.2] y anteproyecto para arquitecturas regionales de ITS: Introducción a la arquitectura nacional ITS V.2*.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2018). *Anatomía de la movilidad en México: Hacia dónde vamos*. Tinta Roja Editoras.
- Serrano R. (2019). *Movilidad urbana y espacio público: Reflexiones, métodos y contextos*. Universidad Piloto de Colombia.
- Tequila Inteligente. (2021, marzo 25). *Tequila inteligente: Monitoreo en tiempo real*. <https://tequilainteligente.com/tequila-inteligente-monitoreo-en-tiempo-real/>
- Utopía Urbana.city. (2023, julio 2). *Estocolmo lidera la transformación hacia la movilidad eléctrica en busca de un futuro sostenible*. <https://utopiaurbana.city/2023/07/02/estocolmo-lidera-la-transformacion-hacia-la-movilidad-electrica-en-busca-de-un-futuro-sostenible/>
- Vélez, A. y Ferrer, J. (2017). *Movilidad 3.0: Una política pública para vialidades seguras, sustentables e inteligentes*. Grupo Editorial y de Investigación Polarias.