



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración**

Uso de sistemas inteligentes de transporte: vehículos autónomos en la  
Ciudad de México

**T e s i s**

Que para optar por el grado de:

**Maestra en Informática Administrativa**

Presenta:

**Gloria Angélica Chong Nolasco**

Tutor:

**Dra. Graciela Bribiesca Correa**  
**Facultad de Contaduría y Administración**

**Ciudad de México, noviembre de 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

En este tiempo me gustaría agradecer a todas las personas que me ayudaron a llegar a este momento, todas aquellas personas que me han formado en cada área de mi vida, y a todas aquellas sin las cuales esto no habría sido posible. Es por ello que hoy agradezco a:

Mis padres, Eugenia Nolasco León y Juan Alberto Chong Martínez por haberme enseñado que la vida es todo aquello por lo que luchas y que en ella puedes tener lo que más deseas si te esfuerzas lo suficiente.

Mis hermanos, Fabian de Jesús Chong Nolasco y Minerva Eugenia Chong Nolasco, por haber sido mis compañeros, amigos, enemigos y consejeros todos estos años.

Mis amigos Víctor Lozano, Abraham Granados, Stephany Sánchez, Erick López, y Roberto Quiñones, han sido mis amigos por más de una década, crecí con ustedes, a pesar del tiempo y la distancia siempre han estado en mis memorias y en mi corazón.

Johana Jazmín López, sin duda alguna el tiempo que me regalaste me trajo muchas cosas buenas, estuviste para mí cuando lo necesitaba, me llevaste a lugares que no conocía y que ahora forman parte de mi vida.

Dra. Graciela Bribiesa Correa por haber sido una excelente tutora, una gran persona y por haber dedicado tiempo en apoyarme.

Por último, agradezco enormemente los esfuerzos que siempre haces, los sueños e ilusiones que conmigo compartes, los deseos y anhelos que pronto se harán realidad, sé que das lo mejor de ti y eres lo que siempre amaré. Para mi querido y amado esposo, Cristhian Cerda.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
<b>RESUMEN CAPITULAR</b> .....	<b>8</b>
<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>CAPITULO 1. MARCO CONTEXTUAL</b> .....	<b>10</b>
1.1 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE EN EL MUNDO .....	10
1.2 EL TRANSPORTE AUTÓNOMO ALREDEDOR DEL MUNDO.....	12
1.3 MÉXICO Y SUS SISTEMAS DE TRANSPORTE ACTUAL.....	17
<b>CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
2.1 EL INTERNET DE LAS COSAS (IoT) .....	19
2.2 LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE .....	21
2.3 APLICACIONES DE LOS ITS .....	23
2.4 INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	24
2.5 LOS SISTEMAS DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS .....	25
2.6 BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS.....	26
2.7 LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS .....	27
<b>CAPITULO 3. SITUACIÓN VEHICULAR DE LA CIUDAD DE MÉXICO</b> .....	<b>30</b>
3.1 LA CIUDAD DE MÉXICO .....	30
3.2 LOS HABITANTES DE LA CIUDAD DE MÉXICO .....	31
3.3 OFERTA Y DEMANDA DE LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO.....	32
3.4 EQUILIBRIO DE LA OFERTA Y DEMANDA .....	43
3.5 PROBLEMÁTICA DEL TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO .....	43
3.6 PROBLEMAS AMBIENTALES EN LA CIUDAD DE MÉXICO.....	50
3.7 TEMPORADA DE OZONO EN LA CIUDAD DE MÉXICO .....	56
3.8 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.....	57
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	58
<b>CAPITULO 4. TRANSPORTE INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO</b> .....	<b>60</b>
4.1 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO .....	60
4.2 LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTAS MEDIDAS TECNOLÓGICAS.....	74
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	75
<b>CAPÍTULO 5. LA PERTINENCIA DEL USO DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS</b> .....	<b>76</b>
5.1 VEHÍCULOS AUTÓNOMOS .....	76
5.2 ACCIDENTES EN LA CDMX.....	88
5.3 AUTOMOTRICES Y ALIANZAS.....	89
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	102
<b>CAPÍTULO 6. LAS PROMESAS Y PELIGROS DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS</b> .....	<b>104</b>
6.1 CUÁLES SON LAS VENTAJAS DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS .....	104
6.2 LOS COSTOS SOCIALES DE LA CONDUCCIÓN.....	104

6.3 LOS EFECTOS DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS EN LA SEGURIDAD Y EN LOS ACCIDENTES ....	105
6.4 LOS EFECTOS EN AQUELLOS QUE NO PUEDEN CONDUCIR .....	107
6.5 BENEFICIOS EN LA CONGESTIÓN.....	107
6.6 MORAL MACHINE .....	112
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	114
<b>CAPÍTULO 7. LEGISLACIONES.....</b>	<b>115</b>
7.1 LEGISLACIONES APROBADAS EN OTRAS CIUDADES DEL MUNDO.....	115
7.2 ¿QUÉ DEBE CAMBIAR EN LA LEGISLACIÓN DE TRANSPORTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO? .....	120
CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	120
<b>CAPÍTULO 8. ¿CÓMO IMPLEMENTAR VEHÍCULOS AUTÓNOMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO? .....</b>	<b>121</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>127</b>
BENEFICIOS QUE SE OBTENDRÍAN ANTE LA ADOPCIÓN DE ESTOS SERVICIOS TECNOLÓGICOS .....	127
EL TRANSPORTE INTELIGENTE UN SECTOR EN CRECIMIENTO.....	128
ADOPCIÓN Y USO DE LA TECNOLOGÍA POR PARTE DE LOS HABITANTES DE LA CDMX .....	129
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>131</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Redes de transporte y vehículos autónomos alrededor del mundo.....	12
Tabla 2: Sistemas de transporte en la Ciudad de México. ....	17
Tabla 3: Matriz de congruencia: hipótesis principal.....	28
Tabla 4: Matriz de congruencia: hipótesis secundarias.....	29
Tabla 5: Índice de calidad de aire y sus recomendaciones. ....	52
Tabla 6: Índice de los países mejor posicionados para la adopción de VA.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Alcaldías de la Ciudad de México .....	31
Figura 2: Ruta del Tren Ligero .....	33
Figura 3: Falla en Tren Ligero. ....	33
Figura 4: Mapa del sistema Trolebús. ....	35
Figura 5: Taxi Eléctrico.....	36
Figura 6: Mapa del sistema Metrobús .....	36
Figura 7: Mapa del sistema Metro .....	37
Figura 8: Mantenimiento a trenes de la línea 2 .....	39
Figura 9: Rutas de la red M1 .....	40
Figura 10: Microbús.....	41
Figura 11: Uber .....	42
Figura 12: Nivel de congestión en la Ciudad de México.....	45
Figura 13: Velocidad de tráfico en la Ciudad de México .....	46

Figura 14: Viaja arriba de pasajeros en Tren Ligero .....	47
Figura 15: Protesta de Green Peace.....	48
Figura 16: Gasolina Premium.....	50
Figura 17: Principales generadores de CO2 .....	53
Figura 18: Gráficas de emisiones de partículas .....	54
Figura 19: Gráfica de emisión de óxidos de nitrógeno por sectores .....	56
Figura 20: Tráfico en tiempo real haciendo uso de la aplicación Waze .....	63
Figura 21: Gestión de estacionamientos .....	64
Figura 22: Señalamiento de mensaje cambiante .....	67
Figura 23: TAG electrónico .....	68
Figura 24: Tarjeta electrónica.....	68
Figura 25: Funcionamiento del sistema de fotocívicas.....	70
Figura 26: Aplicación Moovit .....	71
Figura 27: Autos con sistemas anticolidión .....	72
Figura 28: Aplicaciones para el pago de parquímetros .....	73
Figura 29: Video vigilancia .....	74
Figura 30: Sistemas incluidos en vehículos autónomos.....	79
Figura 31: Aportación .....	126

## INTRODUCCIÓN

### Planteamiento del problema

El problema de la movilidad que existe en la Ciudad de México no es un tema nuevo ni mucho menos desconocido por parte de sus habitantes, de hecho; muchos, sino es que todos sufren con este tema día a día, ya sea que tengan que hacer uso del transporte público o tengan que hacer uso de algún transporte privado. Diariamente dichos habitantes se enfrentan con el temor de no llegar a su destino en el horario deseado y quedan sujetos a sufrir retrasos ocasionados por: marchas, accidentes, retenes, etcétera. Anteriormente este percance era únicamente notorio en las *horas pico*<sup>1</sup> como son comúnmente llamadas, ya en la actualidad los embotellamientos son encontrados a cualquier hora del día, causando además de disgusto y estrés por parte de los implicados, un mayor gasto de recursos como: tiempo, dinero, y combustible, sin olvidar por supuesto, el aumento en la generación de dióxido de carbono que esto repercute en la contaminación ambiental.

En el año 2015 de acuerdo con el INEGI<sup>2</sup> se estimaba que la Ciudad de México contaba con una población compuesta por 4, 687, 003 mujeres y 4, 231, 650 hombres, dando un total de 8, 918, 653 habitantes. Por su parte el parque vehicular de unidades vehiculares registradas por el INEGI<sup>3</sup> en año 2016, por los gobiernos estatales y municipales, de acuerdo con el tipo de vehículo y el servicio que presta es de 5, 725, 574 vehículos de motor registrados en circulación. Esto supone lógicamente una gran demanda en el transporte y una gran cantidad de vehículos circulando diariamente por las calles de la ciudad, una gran emisión de dióxido de carbono y un gran congestionamiento presentado no solo en las horas de entradas o salidas laborales, sino también a lo largo del día.

Por tal motivo el gobierno de la ciudad de México ha implementado diversas estrategias que intentan subsanar y minimizar este problema de movilidad. Es por ello que ha creado nuevas rutas en el transporte público y ha pretendido mejorar las condiciones de

---

<sup>1</sup> En la mayor parte de América, 'hora en la que se produce mayor aglomeración en los transportes o mayor demanda en el uso de determinados servicios'. Según la RAE

<sup>2</sup> <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/default.html#Tabulados>

<sup>3</sup> [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=)

transporte público, como es el caso del Metrobús, que cuenta con pantallas que indican el tiempo aproximado de llegada entre uno y otro, o las tarjetas de cobro (TAG) para el uso del segundo piso del periférico, las cámaras de vigilancia en las carreteras y las fotocólicas. Estos son algunos de los servicios utilizados para la gestión y vigilancia del tránsito; sin embargo, todos ellos no satisfacen las necesidades de movilidad de nuestra Ciudad.

Considerando el problema anterior, se presenta en este trabajo de investigación una respuesta teórica o parte de la solución basada en el uso de nuevas tecnologías como el Internet de las Cosas (Internet Of Things o IOT por sus siglas en inglés). Esta nueva tecnología ha demostrado ser de utilidad para eficientar el funcionamiento en diferentes áreas. El IOT es definido por SAP<sup>4</sup> como “una red de objetos físicos-vehículos, máquinas, electrodomésticos y más– que utiliza sensores e Interfaces de Programación de Aplicaciones (API por sus siglas en inglés) para conectarse e intercambiar datos por Internet”. Dentro de sus campos de aplicación encontramos la automatización del hogar, la conectividad entre los electrodomésticos, el entretenimiento, la salud, en el sector empresarial refiriéndose a todos aquellos dispositivos en los ambientes de negocio y corporativos. También se utiliza para el estudio de los hábitos de consumidores y con ello determinar sus gustos y preferencias.

En este trabajo de investigación se lleva a cabo un estudio observacional, transversal y comparativo con sistemas de transporte de otros países para proponer un modelo teórico integral de transporte a través del internet de las cosas en la Ciudad de México, y con ello mejorar la vigilancia, el monitoreo y todo aquello que tiene que ver con los vehículos: la infraestructura vial, los usuarios, la contaminación, etc. Lo que permite una mejor interacción para el control vehicular y el control de la seguridad, así como la disminución de contaminantes. Esto último es parte de lo que se conoce como los Sistemas Inteligentes de Transporte.

---

<sup>4</sup> Empresa multinacional alemana dedicada al diseño de productos informáticos de gestión empresarial, tanto para empresas como para organizaciones y organismos públicos



## **Resumen capitular**

En el marco teórico se define y analizan el origen y las tecnologías inmersas, así como el desarrollo y creación de los vehículos autónomos a los que también se les conoce como VA. El marco contextual trata de los sistemas inteligentes de transporte en varias ciudades y países del mundo que a lo largo de los años han ido implementando y mejorando esta tecnología. El capítulo 1 trata de la Ciudad de México, sus habitantes, sus modelos de transporte, la problemática de los usuarios, así como la oferta y demanda del servicio, también habla de los problemas ambientales causados en su mayoría por los automóviles. En el capítulo 2 se hace alusión a ciertas mejoras tecnológicas que han sido implementadas en la ciudad como intento de mitigación a los problemas que se viven. El capítulo 3 habla, de todas las tecnologías implicadas en la creación y el buen funcionamiento de los VA, de los accidentes automovilísticos en la ciudad de México y de las colisiones promedio viales en las que se incurren anualmente, por último, este capítulo refleja las alianzas que las automotrices, los desarrolladores de hardware y de software han realizado con el objetivo de lograr un mayor, mejor y más rápido crecimiento y puesta en marcha de los VA. En el capítulo 4 se describen las ventajas y desventajas que la aplicación de los VA suponen frente a las tecnologías actuales, el efecto que traería su implementación. El capítulo 5 habla de las legislaciones y las leyes que algunos países han cambiado y mejorado, todo con la finalidad de estar preparados para la llegada de los VA. En el capítulo 6 tomando como referencia lo investigado y analizado a lo largo del desarrollo de esta tesis se refleja la aportación al proponer un modelo teórico de un sistema integral de transporte a través de la implementación de vehículos autónomos y con ello mejorar los tiempos de traslado, disminuir las colisiones vehiculares, y reducir los gases contaminantes en la ciudad. Por último, se concluyen los resultados de la hipótesis planteada y de la pregunta desarrollada.

## **Metodología de investigación**

En este trabajo de investigación se llevó a cabo un estudio observacional, transversal y comparativo, ya que se estudió a los países y las ciudades que han y están implementado el uso de vehículos autónomos, así como a la Ciudad de México para ver cómo la implementación de estos servicios influiría en su desarrollo. Se observaron los posibles efectos que se obtendrían si la Ciudad de México logra implementar los vehículos de transporte autónomo tomando como base los resultados que han obtenido otros países tras la realización de pruebas de esta clase de servicios tecnológicos. También se analizaron las características de los países y las ciudades que han probado e implementado el uso de vehículos autónomos, además se analizó a la Ciudad de México para conocer cómo la implementación de estos servicios influiría en su desarrollo.

En cuanto al método de estudio se llevó a cabo el deductivo pues se analizó la teoría existente y con ello se estudiaron los países y las ciudades que han implementado los vehículos autónomos identificando las causas para lograr una correcta implementación.

## **CAPITULO 1. MARCO CONTEXTUAL**

### **1.1 Sistemas inteligentes de transporte en el mundo**

Muchos son ya los países que han establecido sistemas de transporte que permiten un mejor control y una mejor circulación de los vehículos que transitan en sus ciudades; está claro que la evolución del transporte en estas ciudades es un trabajo que ha cambiado año con año, tanto en términos de desarrollo como de mejora constante. En Estados Unidos esto comenzó en 1996 y tanto en Europa como es el caso de Singapur y China se han mantenido en perfeccionamiento continuo.

#### **1.1.1 Plan estratégico 2015-2019 Estados Unidos de Norte América**

Estados Unidos ha presentado un plan estratégico que abarca el período 2015-2019, en el que se presenta un conjunto de prioridades, temas estratégicos y categorías de programas que se llevarán a cabo en la investigación, el desarrollo y la adopción de los sistemas inteligentes de transporte (ITS). Este plan identifica una visión: "Transformar la manera en que se mueve la sociedad" y la misión asociada de Joint Program Office (JPO)<sup>5</sup> de los ITS es avanzar en la investigación que abarca todos los modos de superficie; describe las etapas del ciclo de vida de la tecnología y los temas estratégicos que articulan los resultados y los objetivos de rendimiento que definen seis categorías de programas: "realizar la implementación de vehículos conectados" y "avanzar la automatización" como los principales impulsores tecnológicos del trabajo actual y futuro de ITS en muchos sectores; presenta los datos empresariales, la interoperabilidad, el soporte de implementación de ITS y las capacidades emergentes de ITS como categorías de programas adicionales que son actividades complementarias e interdependientes fundamentales para lograr la visión del programa. El plan identifica además preguntas de investigación alineadas con cada categoría de programa en cada etapa del ciclo de vida de la tecnología, además de las disciplinas transversales organizacionales y operativas que se relacionan con las categorías del programa. (Barbaresso, y otros, 2014).

---

<sup>5</sup> Joint Program Office, es un programa de Estados Unidos enfocado a los vehículos inteligentes, infraestructuras inteligentes y la creación de transporte inteligente.

## **1.1.2 China y los sistemas inteligentes de transporte**

China es uno de los países que se caracteriza por la constante innovación y mejora. La mayoría de sus ciudades tienen sistemas de control de tráfico (UTC) y circuitos cerrados de televisión (CCTV), así como sistemas de gestión de radar, sistemas de gestión de accidentes en autopistas, uso de led en señales de tráfico en incremento, pantallas de pasajeros de autobuses en Shangai y otras ciudades. Monitoreo del clima en estacionamientos, centros de control e ITS para facilitar una respuesta común ante emergencias en el uso de ITS en autopistas y carreteras, sistemas de cobro automático desarrollados para el tren y autobuses en diferentes ciudades como Beijing, Shanghai, Guangdong, entre otras. Estos son solo algunos ejemplos de cómo China ha lanzado la implementación de sus sistemas de transporte inteligentes. Actualmente, China sigue trabajando en el desarrollo de estos sistemas. (Sayeg & Charles, 2006).

### ***1.1.2.1 Viajes inteligentes y verdes en Zhuhai***

Siemens ha desarrollado un sistema inteligente, específicamente para Zhuhai, una solución de tráfico avanzada con excelente adaptabilidad.

La información de tráfico y la plataforma de servicios integrados pueden proporcionar toda la información necesaria para viajar, ya sea para alquiler de bicicletas, rutas de tranvía, tráfico en tiempo real, reparaciones de automóviles o multas por licencias de conducir. Una plataforma tanto en un sitio web como en la aplicación para teléfonos inteligentes sirve a los usuarios para mostrar el tráfico en cualquier lugar. Puede buscar y seleccionar sus rutas en unos pocos clics, e incluso evaluar las filas de aduanas, en caso de que quiera ir a Macao. Pronto, incluso podrá comprar boletos de transporte público, pagar peajes de autopistas y personalizar sus propias alertas de tráfico y rutas. (Siemens, s.f.).

## **1.1.3 Singapur y su sistema de transporte inteligente**

La ciudad de Singapur cuenta con un plan de transporte integrado que tiene un alto nivel de conectividad entre las bici-sendas y las estaciones de metro, lo cual reduce el uso de los automóviles.

“La automatización del tráfico en Singapur, con su red de sensores, cámaras y dispositivos GPS en los taxis, el seguimiento del tráfico, la previsión de embotellamientos y el aviso a los conductores sobre rutas alternativas es impresionante” (Pantzer, 2016).

Por último, Singapur ha sido pionero en la introducción de soluciones de tarificación para la congestión de tránsito, lo cual puede convertirse en un modelo para evitar los embotellamientos diarios en ciudades que poseen esta problemática.

## 1.2 El transporte autónomo alrededor del mundo

Como era de esperarse son pocos los países que han comenzado a invertir en el transporte autónomo, en su mayoría son países desarrollados. Para ello fue necesario que se realizaran periodos de prueba, hoy en día la mayoría se encuentra en esa fase de estudio en espera de buenos resultados.

Por ahora existen países que han lanzado transportes públicos autónomos como pruebas piloto para poder recabar información que les ayude a poder implementar el transporte público en su totalidad. Según García (2018) entre ellos se encuentran:

Tabla 1: Redes de transporte y vehículos autónomos alrededor del mundo.

Países	Transporte Autónomo	Red de Transporte
Francia <sup>6</sup>	Francia, tiene dos transportes de este tipo en París y Lyon. Uno de los fabricantes de estos vehículos autónomos de tipo shuttle <sup>7</sup> es producido por Navya, la firma que ha proveído a más de doce ciudades alrededor de todo el mundo. Gracias a los acuerdos de Navya con Friburgo y Sion (ubicadas en Suiza) se logró una implementación VA en septiembre de 2018. El modelo empleado, puede circular a un máximo de 25 kilómetros por hora y tiene una autonomía de unas 8 horas, es eléctrico. Realiza un recorrido de 1,3 kilómetros realizado en 4 paradas que tarda en	Los sistemas de transporte con los que cuenta esta ciudad son: el Metro que cuenta con 16 líneas y 302 estaciones, el Tren (RER) que cuenta con 13 líneas y 514 estaciones, autobús y autobús nocturno consta de 400 líneas (353 en horario regular y 47 autobuses nocturnos) y 13,239 paradas; el tranvía cuenta con 7 líneas y 148 estaciones además de

<sup>6</sup><http://es.rfi.fr/francia/20160902-la-ciudad-de-lyon-prueba-el-primer-autobus-sin-conductor>

<sup>7</sup> Traducido al literal como lanzadera; son autobuses de poca capacidad.

Países	Transporte Autónomo	Red de Transporte
	recorrer unos siete minutos, aproximadamente.	poseer líneas de Ferry, y por supuesto taxis <sup>8</sup> .
<b>Reino Unido</b> <sup>9</sup>	De igual forma Nayva tiene una gran presencia en Londres, a pesar de no ser la única compañía que ha invertido en esta tecnología en la ciudad. Existen dos líneas de shuttle completamente autónomas: una gestionada por Navya y la otra por Transport Research Laboratory, un laboratorio dependiente del estado.	Reino unido cuenta con una red de transporte que permite viajar a cualquier lugar de la ciudad a través de su metro, mayormente conocido como <i>tube</i> que cuenta con 11 líneas y 274 estaciones y le brinda un servicio a más de 3 millones de pasajeros diariamente; los autobuses cuentan con 22 rutas el metro tiene conexiones con estaciones del metro, los transbordadores y barcos, además existen servicios de renta de bicicletas.
<b>Alemania</b> <sup>10</sup>	Desde el 25 de octubre en Alemania circula un transporte público autónomo, exactamente en la ciudad de Bad Birncach, este transporte pertenece a la compañía francesa EasyMile. Su ruta abarca aproximadamente 700 metros y es complementaria al ferrocarril. Se espera que en un futuro próximo se vea en las zonas rurales de Alemania. <sup>11</sup>	Por su parte en Alemania, exactamente Berlín, posee un metro compuesto por 10 líneas y 173 estaciones; el tren de cercanía (S-Bahn) cuenta con 15 líneas y 166 estaciones. El tranvía está compuesto por 22 líneas y casi 400 estaciones, además cuenta con autobuses y taxis que recorren algunos puntos de la ciudad.
<b>Estados Unidos</b> <sup>12</sup>	En Estados Unidos también cuentan con vehículos de esta clase, ejemplo de ello son Michigan y Las Vegas. De hecho, en Estados Unidos es donde ya ha ocurrido	La red de transporte de Estados Unidos está compuesta por trenes ferroviarios, metros en las

<sup>8</sup> <https://www.ratp.fr/visite-paris/francais/visiter-paris-et-ses-environs>

<sup>9</sup> <https://tfl.gov.uk/maps/track/tube>

<sup>10</sup> <https://www.berlin.de/en/public-transportation/1742343-2913840-underground-subway.en.html>

<sup>11</sup> <https://easymile.com/ez10-becomes-the-first-autonomous-shuttle-to-operate-on-public-roads-in-lahr-germany/>

<sup>12</sup> <https://new.mta.info/>

Países	Transporte Autónomo	Red de Transporte
	<p>un accidente: el shuttle autónomo de Las Vegas se chocó el mismo día que se inauguró, aunque no fue culpa del vehículo (de hecho, pudo evitar, en la medida de lo posible, que los daños fueran mayores).<sup>13</sup></p>	<p>ciudades de Atlanta, Baltimore, Boston, Buffalo, Chicago, Cleveland, Filadelfia, Miami, Newark, Nueva York, Washington, Los Ángeles y San Francisco. Autobuses que son utilizados para viajes de larga distancia, trolebuses eléctricos, taxis y servicios de renta de automóviles.</p>
<b>Oceanía<sup>14</sup></b>	<p>En Perth (Australia) y Christchurch (Nueva Zelanda), ambas ciudades en las islas del Pacífico, también tienen al menos uno de estos vehículos. En Australia el bus autónomo está desde hace ya casi dos años, se implementó en febrero de 2016 y en Nueva Zelanda en septiembre de 2017.</p>	<p>La red de trenes de Perth está compuesta por 6 líneas y muchas de sus estaciones están conectadas a las rutas de los autobuses, existen pequeños autobuses llamados CAT (gratuitos) que recorren áreas turísticas. Los ferris conectan la ciudad con la playa del sur de Perth. Por último cuenta con servicios de taxi y bicicletas.<sup>15</sup> Por su parte Nueva Zelanda cuenta con 4 líneas de trenes. Posee ómnibus que es la forma más común y económica de transporte y por último, por los ferris y taxis acuáticos.<sup>16</sup></p>
<b>Países Bajos</b>	<p>Sin duda es el país mejor preparado para la llegada de los coches autónomos, de acuerdo con un estudio elaborado por KPMG. El consejo de ministros de este</p>	<p>Países Bajos cuenta con un poco más de 7 000 km de ferrocarril que consta de 397 estaciones.</p>

<sup>13</sup><https://www.theverge.com/2019/7/11/20690793/self-driving-shuttle-crash-las-vegas-manual-controls-locked-away>

<sup>14</sup> <https://rac.com.au/about-rac/advocating-change/initiatives/automated-vehicle-program>

<sup>15</sup> <https://www.transperth.wa.gov.au/>

<sup>16</sup> <http://www.metroinfo.co.nz/timetables/Pages/default.aspx>

Países	Transporte Autónomo	Red de Transporte
	<p>país aprobó desde el 2015 las primeras pruebas de la tecnología de coches autónomos en las vías pública. Además, ya se encuentra en desarrollo el primer autobús autónomo del mundo, que comenzará a funcionar en la ciudad de Gelderland.</p> <p>Adicionalmente, Holanda ya cuenta con 30,000 puntos de recarga para vehículos eléctricos y las autoridades están trabajando para establecer más de 1,000 señales luminosas que ayuden a la circulación de los coches autónomos.</p>	<p>También posee rutas de autobús para el viaje entre ciudades, ferris para viajes marítimos y el tranvía, siendo este último el transporte más utilizado (Embajada de España en Países Bajos, 2017).</p>
<b>China<sup>17</sup></b>	<p>Está avanzando significativamente en cuanto a esta tecnología se refiere pues ya se encuentra probando las primeras unidades de transporte público autónomo. Para el año 2020 se planea que ShenZhen lance un sistema de transporte público autónomo integral en el Aeropuerto Internacional de Shanghái-Hongqiao con más de 10,000 unidades.</p> <p>Aunado a eso Shangai autorizó licencias para realizar pruebas en la vía pública y en este año se tiene planeado abrir 100 kilómetros de vías para dichos vehículos. En Beijing y Hangzhou se están construyendo las primeras pistas de pruebas para coches autónomos; en Chongqing se publicó una normativa básica sobre este tema. Mientras tanto, en Guangzhou ya se realizan pruebas con vehículos autónomos en algunos distritos de la ciudad.</p>	<p>China cuenta con un metro en las ciudades de Beijing con 22 líneas y 391 estaciones, da un servicio a 8.5 millones de personas al día, posee más de 800 líneas y 25.000 autobuses circulando.<sup>18</sup> Por su parte Shanghai cuenta con 16 líneas y 413 estaciones que brindan un servicio a 9.69 millones de personas al día, además posee 18 líneas de ferry que comunican las orillas del Río Huangpu: Puxi y Pudong. En Shanghai Circulan más de 1000 líneas de autobús. En la ciudad de Shenzhen toda la flotilla de autobuses es eléctrica.<sup>19</sup></p>
<b>Corea del sur<sup>20</sup></b>	<p>K-City se encuentra en desarrollo, esta es una enorme ciudad laboratorio creada y diseñada para realizar experimentos con vehículos autónomos en ella,</p>	<p>El metro de Seúl está compuesto por 16 líneas y 546 estaciones (incluidas las del tren suburbano),</p>

<sup>17</sup> <http://trains.china.org.cn/>

<sup>18</sup> <https://www.travelchinaguide.com/china-trains/high-speed/map.htm>

<sup>19</sup> <https://www.disfrutapekin.com/autobus>

<sup>20</sup> <https://qz.com/1121372/south-korea-opens-k-city-the-latest-fake-town-built-for-self-driving-cars/>



Países	Transporte Autónomo	Red de Transporte
	<p>liderada por las iniciativas de Hyundai. Está construida en una superficie de más de 35 hectáreas.</p> <p>Es aquí donde se realizan la mayoría de los escenarios que imitan a una urbe real, con puentes, túneles, obstáculos, como intersecciones, señales de tráfico, aceras, glorietas, postes de luz, fachadas de edificios, etc. Por otro el gobierno del país ha concedido licencias para probar autos autónomos en las vías públicas.</p>	<p>El sistema de autobuses está estructurado en líneas de colores: azul, verde, rojo y amarillo. La línea azul es de alta velocidad y conecta los suburbios con el centro de la ciudad. Algunos funcionan con gas natural y dan acceso a minusválidos con ayuda plataformas de acceso de poca altura.<sup>21</sup></p>
<b>Japón<sup>22</sup></b>	<p>En Japón se pretende construir una de las mejores redes de transporte inteligente del mundo; por supuesto, esto incluye a los vehículos autónomos, en mayo de 2017 el gobierno japonés estableció una ruta en la que circularía el transporte más seguro del mundo a más tardar en el año 2030.<sup>23</sup></p> <p>Una de las ventajas en el país es que tanto las empresas como el gobierno colaboran en conjunto para el desarrollo de los vehículos autónomos. Un punto en su contra es que los usuarios japoneses son los que menos confían en la tecnología de conducción autónoma.</p>	<p>Japón cuenta con un tren bala que brinda servicios a las ciudades de hasta Hakodate, Aomori, Yamagata, Akita, Niigata, Nagano, Kanazawa, Kioto, Osaka, Nagoya, Hiroshima, Fukuoka, Kumamoto y Kagoshima. En algunas ciudades las líneas del metro y las líneas de tren no conectan toda la ciudad, el autobús es indispensable para llegar a los destinos.</p>
<b>Singapur<sup>24</sup></b>	<p>Desde el año 2016 se realizan pruebas con taxis autónomos NuTonomy<sup>25</sup>, el lanzamiento al público estaba previsto en el segundo trimestre del año 2018, para impulsar estos cambios, la legislación del país fue modificada y debido a esto hoy en día es una de las más avanzadas en materia de vehículos</p>	<p>El metro de Singapur cuenta 5 líneas y 149 estaciones, Posee un tren ligero con 13 estaciones, tiene una varias líneas de autobuses compuestos por más de 4,000 vehículos.</p>

<sup>21</sup> [https://english.visitkorea.or.kr/enu/TRP/TP\\_ENG\\_4.jsp](https://english.visitkorea.or.kr/enu/TRP/TP_ENG_4.jsp)

<sup>22</sup> <https://www.tsunagujapan.com/the-japanese-commuter-train-system-a-comprehensive-guide/>

<sup>23</sup> <https://www.forbes.com/sites/janetwburns/2016/09/08/japanese-leaders-aim-to-make-tokyo-a-self-driving-city-for-2020-olympics/#38d394d21090>

<sup>24</sup> <https://www.lta.gov.sg/content/dam/ltaweb/corp/PublicTransport/files/Train%20System%20Map%20202122016.pdf>

<sup>25</sup> NuTonomy es una empresa de lanzamiento de tecnología spin-off MIT que fabrica software para construir autos autónomos y robots móviles autónomos.

Países	Transporte Autónomo	Red de Transporte
	autónomos, se espera que acojan también esta tecnología en el ámbito del transporte público.	

Fuente: Elaboración propia, basado en la información mostradas en los pies de página.

### 1.3 México y sus sistemas de transporte actual

Hoy por hoy la Ciudad de México es la cuarta ciudad más grande del mundo, es una ciudad que ofrece varios servicios de transporte a sus ciudadanos, entre ellos encontramos los que se muestran en la tabla número 2.

Tabla 2: Sistemas de transporte en la Ciudad de México.

Transportes públicos	Descripción
<b>Metro (Sistema de Transporte Colectivo Metro)</b> <sup>26</sup>	Es sin duda el sistema de transporte más importante de la Ciudad de México al transportar diariamente más de 8 millones de usuarios en sus 11 líneas. Este sistema de transporte opera los 365 días del año. Asimismo, es el medio de transporte más rápido y económico, permitiendo el recorrido de los trayectos más largos.
<b>Metrobús</b> <sup>27</sup>	Este sistema de transporte es más reciente en la metrópoli. Consta de camiones articulados que circulan por un carril exclusivo. Es uno de los transportes más rápidos en la ciudad sin embargo generalmente se encuentra muy lleno.
<b>Microbús, Micro o pesero</b> <sup>28</sup>	Este transporte característico de la ciudad funciona por medio de redes de camiones chicos con una capacidad de 24 personas aproximadamente. Circulan prácticamente por todas las calles medianas y grandes de la ciudad y tienen la ventaja de realizar paradas continuas a voluntad del usuario.
<b>Sistema de movilidad 1</b> <sup>29</sup>	Este transporte parte de las principales estaciones del metro enlazando algunas de estas líneas de esta red o partiendo de estas para dirigirse a los puntos de mayor afluencia de personas de la ciudad.
<b>Trolebús</b> <sup>30</sup>	La Red de Servicio cuenta con 15 Líneas de Trolebuses con una longitud de operación 453.85 Kms. La flota vehicular programada en la red es de 405 trolebuses, los cuales operan a un intervalo de paso promedio de 5 minutos, todas dentro del Distrito Federal. Este medio de transporte no contamina al ser conducido por un

<sup>26</sup> <http://www.metro.cdmx.gob.mx/la-red/mapa-de-la-red>

<sup>27</sup> <http://data.Metrobús.cdmx.gob.mx/mapa.html>

<sup>28</sup> <http://cdmxtravel.com/es/organizate/como-moverse/microbus.html>

<sup>29</sup> <http://www.sm1.cdmx.gob.mx/>

<sup>30</sup> <http://www.ste.cdmx.gob.mx/red-de-servicio/lineas-de-trolebus>

Transportes públicos	Descripción
	cable eléctrico, es rápido y cómodo. Circula por algunos de los principales ejes viales.
<b>Tren Ligero</b> <sup>31</sup>	El Tren Ligero forma parte de la red del Servicio de Transportes Eléctricos de la ciudad el cual opera en el Sur de la Ciudad de México prestando un servicio de transporte no contaminante a la población de las Delegaciones Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco.
<b>Taxi</b>	Ofrecen servicios en todas las calles y zonas de la ciudad, sin embargo, en ocasiones es necesario acercarse a una avenida muy transitada para encontrar alguno libre. Es un medio de transporte cómodo pero caro.
<b>Turibús</b> <sup>32</sup>	Este sistema de transporte permite una visión general de los principales atractivos de la ciudad. Consta de autobuses de dos niveles con la parte superior descubierta y guías en varios idiomas.
<b>Ecobici</b> <sup>33</sup>	El sistema de bicicletas públicas de la Ciudad de México ha sido adoptado por habitantes y turistas, debido a que este modo de transporte es la mejor opción para recorrer distancias cortas y medianas. Actualmente, ECOBICI cuenta con 480 ciclo estaciones en 55 colonias de la ciudad, así como 6,800 bicicletas.
<b>Vbike</b> <sup>34</sup>	Es un sistema de bicis <i>sin estaciones</i> . Cuando llegas a tu destino puedes colocar la bici en cualquiera de los cientos de opciones de estacionamiento disponibles en el mapa de su app.
<b>Mobike</b> <sup>35</sup>	Este sistema ofrece un medio de transporte accesible de uso compartido para realizar recorridos urbanos cortos de manera práctica. Al mismo tiempo, ayuda a descongestionar el tránsito y reducir las emisiones de carbono en la ciudad.

Fuente: Elaboración propia, basado en la información mostradas en los pies de página.

Por ahora la Ciudad de México no cuenta con vehículos autónomos que circulen por sus vialidades, tampoco existen pruebas que estén en proceso para su implementación.

<sup>31</sup> <http://www.ste.cdmx.gob.mx/tren-ligero>

<sup>32</sup> <http://www.turibus.com.mx/#2>

<sup>33</sup> <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/>

<sup>34</sup> <http://www.vbike.mx/>

<sup>35</sup> <https://mobike.com/mx/about>

## CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 El internet de las cosas (IoT)

Mucho se ha hablado del internet de las cosas en estos últimos años y se dice que el Internet de las Cosas es un nuevo paso tecnológico que puede ser utilizado por todo aquello que posea una conectividad a internet. Las cosas que están en comunicación pueden estar equipadas por computadoras y varios recursos de conexión como lo son las redes inalámbricas, redes de áreas personales (PAN<sup>36</sup>, Zigbee<sup>37</sup>, bluetooth) o la comunicación de campo cercano (NFC), los sensores, objetos portátiles, y los automóviles conectados son un ejemplo de estas cosas. (Rodrigues, Dekel, & Mandler, 2014). Estos protocolos fueron ideados pensando en las posibles utilidades que el IOT podría darles, es por ello la utilización de la comunicación a corta distancia.

Hasta ahora se han confiado varias tareas al internet de las cosas, entre ellas las siguientes: equipos electrónicos inteligentes, los refrigeradores, los televisores, la calefacción, lámparas, bocinas, relojes, entre otros que son capaces de tomar decisiones por sí mismos. Uno de los objetivos de todos los dispositivos conectados es mejorar la experiencia del usuario, facilitar las labores y ayudar con las tareas diarias. El internet de las cosas es capaz de medir ciertos parámetros de forma automática sin la necesidad de que un humano intervenga, Una vez que se obtienen estos datos, se envían a un centro de procesamiento para que se puedan tomar las decisiones correctas en tiempo real. (Espeso, 2015).

Debido a la gran aceptación por parte de las personas al hacer uso de esta clase de dispositivos el internet de las cosas ha ido creciendo y continúa creciendo rápidamente; las cifras de dispositivos, interfaces, entornos operativos, aplicaciones y servicios se ha disparado, haciendo que la necesidad de

---

<sup>36</sup> Personal Area Network (PAN), Red de Área Personal, es un estándar de red para la comunicación entre distintos dispositivos (computadoras, puntos de acceso a internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras) cercanos al punto de acceso.

<sup>37</sup> Zigbee es un conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica que permite la creación de redes de área personal (PAN, Personal Area Network). Se caracteriza por su reducido consumo energético y baja tasa de envío de datos.

integración y administración de dispositivos inteligentes y datos sea más crítica para lograr hacer un uso eficiente de toda aquella información recopilada. Las previsiones nos dicen que para 2020 habrá más de 50 mil millones de dispositivos conectados a Internet que generarán volúmenes masivos de datos que deben entregarse a tiempo, en el formato correcto y para el usuario final apropiado a fin de ofrecer servicios sostenibles. (Benny, et al. 2015).

La industria 4.0 también conocida como la revolución 4.0, industria inteligente o ciberindustria del futuro tiene como base entre otras tecnologías al Internet de las Cosas y el objetivo planteado pretende lograr que un gran número de fábricas se transformen en *fábricas inteligentes* y con ello obtener una mayor adaptación a los requerimientos, necesidades y procesos de producción, así como el lograr una mayor eficiencia en los recursos.

### **2.1.2 Usos del internet de las cosas**

Algunos de los usos que se han ido adentrado al internet de las cosas según CEPYMEnews, 2018 son:

*Domótica:* en esta área, el objetivo es automatizar edificios o casas a través de diferentes interconexiones de diferentes dispositivos y servicios (calefacción, termostatos, electrodomésticos, cerraduras, y dispositivos electrónicos) y así mejorar la seguridad, el bienestar y la eficiencia energética.

*Automatización y control de procesos de producción:* como se mencionó anteriormente, la industria 4.0 pretende utilizar dispositivos IOT para mejorar la fabricación, la calidad y la eficiencia de los productos obtenidos, así como tener un seguimiento del producto en fábricas o empresas, la empresa o la organización.

*Agricultura, ganadería y silvicultura:* en este ámbito se usan los dispositivos IOT para automatizar algunas tareas clave en la silvicultura y la agricultura, como el control y detección de plagas o enfermedades, o para satisfacer las necesidades de las plantas (riego automático, fertilizantes, etc.), así como para conocer el momento de la cosecha apropiada. En el caso del ganado o los animales, se utilizan para el seguimiento

biométrico y la geolocalización, y pueden controlar la salud y las necesidades del animal (retirada de abono, alimentación, etc.).

*Medicina y cuidado de la salud:* en esta área el internet de las cosas se utiliza para detectar y medir variaciones significativas en los signos vitales de un paciente y en algunos casos pueden llegar a administrar medicamentos.

*Video vigilancia y seguridad:* se basan en el control de los diversos equipos utilizados en el campo, tales como: alarmas inteligentes, detección temprana de amenazas, sensores de presencia, entre otras cosas, que ayudan a garantizar la seguridad de edificios o casas y con ello evitar situaciones de riesgo.

Transporte y logística: se basa en la motorización de los vehículos, la mercadería y la conservación de estos, también se enfoca en la geolocalización del producto para evitar pérdidas o robos. En logística se utilizan para elegir la mejor ruta de reparto, así como para gestionar el tráfico.

## **2.2 Los sistemas inteligentes de transporte**

Los sistemas inteligentes de transporte o ITS por sus siglas en inglés (Intelligent Transportation System) envuelven algunos parámetros y han sido desarrollados tomando como base una fusión del desarrollo de la información tecnológica, la informática y las telecomunicaciones. Engloba temas como la gestión de tráfico, la información que se le proporciona a los viajeros o usuarios de las carreteras, vehículos comerciales, el transporte público y su manejo, el manejo de las emergencias vehiculares, la seguridad de las rutas y los sistemas de vehículos, que es a los que pertenece el transporte autónomo. (Sayeg & Charles, 2006).

Los sistemas inteligentes de transporte pueden ser definidos como una aplicación y uso de: la comunicación, la información y la informática para lograr el manejo en tiempo real de la información generada por vehículos y redes que involucran el movimiento de gente y bienes (Sayeg & Charles, 2006). La sociedad estadounidense de transporte inteligente (ITS América) hace referencia a este sistema como *gente usando tecnología en*

*transportes para salvar vidas, tiempo y dinero*<sup>38</sup>. También puede ser definido como la unión de soluciones tecnológicas de las telecomunicaciones y la informática con el objetivo de mejorar la operación y la seguridad del transporte terrestre ya sea en carreteras urbanas, rurales o ferrocarrileras.

Los sistemas inteligentes de transporte son considerados como parte del internet de las cosas, ya que permiten la conectividad a través de Internet, las comunicaciones de campo cercano o la tecnología NFC y los datos generados se recopilan para mejorar la toma de decisiones en las carreteras. El objetivo principal es reducir el tráfico, brindar a los conductores una mejor experiencia de usuario y facilitar el traslado o la transferencia de un punto a otro. Y pese a que ahora los ITS son un tema muy sonado, la realidad es que han existido durante mucho tiempo, pero en los últimos años, las ciudades de todo el mundo han comenzado a implementar una nueva generación de ITS.

Los ITS han sido la respuesta a la demanda generada por los automovilistas; Durante varios años, la aplicación de tecnologías avanzadas para reducir el tráfico ha sido un tema recurrente tanto para los gobiernos de los países desarrollados como para los subdesarrollados y para los usuarios de estas vías de traslado.

Además, las empresas que fabrican automóviles, buques o camiones de carga, autobuses y motocicletas (entre otros medios de transporte) han dedicado mucho tiempo y recursos a desarrollar tecnologías para mejorar la seguridad de sus productos. queriendo lograr con ello comodidad y confianza para el usuario. Las tecnologías utilizadas diariamente permiten gestionar grandes redes de transporte, ya sea públicos o privados, al proporcionar información correcta en tiempo real que permite a los conductores tomar mejores decisiones.

A todas las tecnologías empleadas y utilizadas para lograr dicha conectividad se le conoce como Sistemas Inteligentes de Transporte, cuando estas tecnologías son aplicadas de forma correcta los ITS pueden lograr hacer del sistema de transporte algo

---

<sup>38</sup> En su página web podemos leer lo siguiente: The Intelligent Transportation Society of America advances the research and deployment of intelligent transportation technologies to save lives, improve mobility, promote sustainability, and increase efficiency and productivity.

eficiente, con mayor seguridad y que reduzca el impacto ambiental causado por los medios de transporte.

Sayeg y Charles (2006) mencionaron en un artículo que los ITS son la fusión de tecnología de la información, telecomunicaciones y desarrollo de telecomunicaciones unidas al sector automotriz de la automatización y del transporte. La clave de las tecnologías emergentes de los ITS ha sido diseñada a partir de los principales desarrollos en estos sectores. Los ITS pueden entonces ser definidos como la aplicación, información y comunicación de manejo en tiempo real de vehículos y redes que involucran el movimiento de personas y bienes.

Por otro lado, Tecnocarreteras (2019) en su sitio web oficial define los sistemas de transporte como un conjunto de aplicaciones informáticas y sistemas tecnológicos creados para mejorar la seguridad y la eficiencia del transporte terrestre (carreteras y ferrocarriles), facilitando el trabajo, control, gestión y seguimiento por parte de los responsables.

Al analizar estas definiciones como, se puede decir que los sistemas de transporte inteligentes tienen como objetivo el lograr la eficiencia del tráfico al reducir los problemas del mismo, proporcionar a los usuarios información anticipada sobre las rutas que frecuenta e información sobre el tráfico en tiempo real y con ello, se espera reducir el tiempo de viaje, así como mejorar su seguridad y comodidad.

### **2.3 Aplicaciones de los ITS**

Como se puede ver, los ITS son una valiosa ayuda para la movilidad y sus aplicaciones van desde el uso de tarjetas habilitadas con tecnología NFC que permitan a los viajeros pagar las cuotas de las casetas sin tener que disminuir la velocidad, como el uso de señalamientos en tableros electrónicos que pueden indicar la situación actual del camino. Los usos concedidos a los sistemas de transporte inteligente se enumeran a continuación (Sayeg & Charles, 2006).

- *Gestión de tráfico*, esta sección proporciona servicios como planificación de transporte, gestión de tráfico, gestión de incidentes, gestión de demanda,



supervisión y cumplimiento de las reglas de tráfico y gestión de mantenimiento de infraestructura.

- *Información al viajero*, esta puede ser información proporcionada antes y durante el viaje, tanto para transportes públicos o privados, así como guías y navegación de la ruta.
- *Manejo de emergencias*, se refiere a la notificación que puede darse al presentarse una emergencia y el cómo se manejan estas situaciones.
- *Pago electrónico*, son las transferencias bancarias realizadas de forma electrónica.<sup>39</sup>
- *Sistemas de vehículos*, permiten mejorar la visión, vehículos de operación automática, evitar las colisiones longitudinales, preparación de la seguridad y menor desplazamiento antes del impacto.
- *Vehículos comerciales*, esto incluye la versión preliminar del vehículo comercial, el proceso administrativo del vehículo, las inspecciones automatizadas de carreteras, el monitoreo de vehículos comerciales y la gestión de la flota.
- *Transporte público*, esta parte nos habla del manejo del transporte público, el manejo de la respuesta a la demanda del transporte y del manejo compartido del transporte.

## 2.4 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es “el nuevo y excitante esfuerzo de hacer que las computadoras piensen, máquinas con mentes en el más amplio sentido literal” es lo que Haugeland, (1988) mencionó en su libro “La inteligencia artificial”.

Por su parte Bellman (1978) escribió que la inteligencia artificial es la automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, resolución de problemas y aprendizaje.

“Es un campo de la informática que estudia y desarrolla sistemas capaces de realizar tareas que normalmente se atribuyen a la inteligencia humana, como por ejemplo traducir

---

<sup>39</sup> Es un sistema de pago que facilita la aceptación de pagos para las transacciones en línea a través de Internet.

un documento o reconocer a una persona por su cara. También son sistemas que aprenden a comportarse de manera autónoma como: vehículos sin conductor, robots, o programas que juegan videojuegos". (Serrano, 2018).

El concepto de inteligencia artificial no ha cambiado mucho en los últimos años, y en realidad mantiene lo que los tres autores anteriores mencionan.

## **2.5 Los sistemas de vehículos autónomos**

Un vehículo autónomo, también llamado robótico o, de manera informal como *sin conductor o auto-conducido*, es un vehículo capaz de imitar la capacidad de manejo y control del hombre. Como vehículo autónomo, puede percibir el entorno que lo rodea y navegar en consecuencia.

Los vehículos autónomos son aquellos que no necesitan de una persona para poder conducirse. Son capaces de imitar las capacidades humanas, adaptando la conducción a las circunstancias que le rodean, ya sean límites de velocidad, peatones en la vía, o condiciones climatológicas. De esta forma, es posible prescindir de la figura del conductor tal y como lo conocemos hoy en día. La función de este se reduce a indicarle al vehículo la dirección a la que quiere llegar. (Ramírez, 2016, pág. 3).

Por otra parte, Ávila (2016) define jurídicamente el transporte autónomo, como:

El medio de transporte automatizado de bienes o personas que mediando sistemas de tecnologías de asistencia al vehículo o de inteligencia artificial no autónoma conectados a una red de intercambio de datos donde no interviene la acción humana realiza tareas de conducción autónoma a través de un vehículo.

Los sistemas de transporte autónomos o vehículos autónomos son los vehículos capaces de imitar el comportamiento humano para lograr conducirse sin intervención de éste. Actualmente existen algunos países que han comenzado a incursionar con esta tecnología pues promete un gran cambio en la vida de sus ciudadanos y un paso a lo que hace unos años se veía como un futuro soñado. Estos países han tomado como primera medida el implementar la movilidad autónoma en sus transportes públicos, lugares como París, Lyon, Londres, Alemania, Michigan, Las Vegas, Perth, Christchurch,

desde luego Hong Kong y Singapur son hasta ahora los pioneros en esta área. (García, 2018).

Al tomar como referencia las definiciones anteriores, podemos suponer que los vehículos autónomos son aquellos que tienen un sistema guiado que les permite interactuar y viajar de forma independiente en carreteras sin la intervención de un conductor humano, desde un punto de partida hasta el destino.

## **2.6 Beneficios de la aplicación de vehículos autónomos**

Como parte de nuevo uso de las tecnologías los vehículos autónomos poseen ciertas ventajas que lo caracterizan. Ramírez, (2016) tomó los siguientes supuestos como principales beneficios.

- *Aumento de la seguridad en las carreteras.* Cada año, aproximadamente 1,35 millones de vidas se pierden como resultado de accidentes de tráfico. Entre 20 y 50 millones de personas sufren lesiones no fatales, y muchas de estas lesiones resultan en discapacidad. Casi el 95% de estos accidentes están relacionados con errores humanos, por lo que es fácil concluir que la conducción autónoma ayudaría a reducir estos niveles excesivos de accidentes. Al eliminar los errores de cálculo humanos, las distracciones, la embriaguez y muchos otros factores, las tasas de choque se reducen drásticamente.
- *Mejora notable en cuanto a accesibilidad a los medios de transporte.* Estos vehículos podrán ser utilizados por cualquier persona. Personas con discapacidad, niños o ancianos dispondrán de una manera de desplazarse de un lugar a otro sin obstáculos.
- *Adicionalmente, se estima una optimización del tráfico,* ya que los VA son capaces de identificar la mejor ruta posible y reducir la distancia entre cada automóvil. Esto también se aplicaría a los viajes por carretera. Por otro lado, la cantidad de multas, los costos para los conductores del servicio público, los seguros y los gastos del gobierno debido a los accidentes se reducirían significativamente.

Sumando a estos beneficios existen otros supuestos favorables considerados por Rodríguez, (2015) en listados a continuación.

- *Resolvería gran parte de nuestros problemas ambientales*, dado que tienden a ser vehículos eléctricos que no contaminan, hasta tal punto que podría revertir la tendencia del calentamiento global y reducir drásticamente nuestra dependencia de combustibles fósiles.
- *Evitaría decenas de miles de muertes anuales* al reducir los accidentes; se estima que la reducción podría ser de hasta un 90%.
- *Incrementaría la producción*, dado que se podría emplear el tiempo de travesía en realizar otras acciones.
- *Y podría dar lugar a la aparición de nuevas empresas y sectores completos* que ahora mismo ni siquiera podríamos imaginar.

## **2.7 La inteligencia artificial y los vehículos autónomos**

Los vehículos autónomos son parte, como ya se mencionó, de los *Sistemas Inteligentes de Transporte* estos a su vez pertenecen a mundo del *Internet de las Cosas*, pero esta clase de vehículos tienen a la *Inteligencia Artificial* inmersa.

La Inteligencia Artificial está transformando a las industrias del comercio electrónico, el marketing digital, y la logística, donde se trabaja activamente desde hace años. Cada vez es más habitual ver en televisión anuncios de distintas marcas de vehículos donde lo que se destaca es la funcionalidad de detección de peatones, el frenado automático y hasta la conducción autónoma sin intervención del conductor. (Serrano, 2018).

La inteligencia artificial está cambiando el interior de los vehículos. Las cámaras internas distinguen a las personas que se encuentran dentro del vehículo y monitorean la posición del ojo del conductor para ver si se está por quedarse dormido o si está distraído, e incluso puede leer los labios. Los sensores y las cámaras en el exterior del vehículo trabajan en conjunto con la tecnología del interior para mejorar la seguridad. Por ejemplo, los vehículos envían una advertencia audible sobre los peligros que pueden ocurrir en el viaje.

A continuación, se presentan dos matrices de congruencia, la primera describe la pregunta e hipótesis principal, así como el objetivo general (tabla 3). De igual forma la segunda matriz nos muestra las preguntas e hipótesis secundarias y los objetivos específicos (tabla 4).

Tabla 3: Matriz de congruencia: hipótesis principal.

<b>Pregunta principal</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis principal</b>
¿Cómo podría mejorarse la movilidad en la Ciudad de México?	Evaluar la situación actual de movilidad en la Ciudad de México identificando los problemas principales presentados en el uso de transporte público, privado y concesionado y con ello proponer un modelo teórico que permita mejorar la movilidad de la Ciudad de México.	El uso de vehículos autónomos permitirá agilizar los tiempos de traslado en las vialidades de la Ciudad de México.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Matriz de congruencia: hipótesis secundarias.

<b>Preguntas secundarias</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis secundarias</b>
¿Cuáles son los casos que existen sobre la implementación de vehículos autónomos?	Evaluar los casos existentes de implementación de vehículos autónomos.	Los casos existentes pueden tomarse como base de para lograr una correcta implementación de vehículos autónomos en la Ciudad de México.
¿Cuáles son las ventajas que le supondría a la Ciudad de México el lograr una implementación de vehículos autónomos?	Analizar las ventajas que le supondría a la Ciudad de México el implementar vehículos autónomos.	<p>Las ventajas de la implementación de vehículos autónomos en la Ciudad de México son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución en la contaminación generada por los vehículos actuales.</li> <li>• Disminución en el número de accidentes de tránsito.</li> <li>• Mejora en el tiempo de traslado.</li> <li>• Disminución en la contaminación auditiva y mejorará la calidad del aire.</li> <li>• Las personas con capacidades diferentes, menores de edad y adultos mayores podrán hacer uso de estos vehículos sin dificultad.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO 3. SITUACIÓN VEHICULAR DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

### **3.1 La Ciudad de México**

La Ciudad de México, también conocida como CDMX, nombre que se le otorgó al antes Distrito Federal en el año 2017, es ahora la entidad número 32 del país. Esta iniciativa tomo varios años en ponerse en práctica y en ser aceptada por la cámara de senadores, para lograrlo se realizaron 12 foros y audiencias a lo largo de cinco años, la primera se llevó a cabo en diciembre de 2012.

La principal razón para la transformación del antiguo Distrito Federal y su conversión en una entidad federativa fue crear una ciudad autónoma con su propia constitución. Los delegados fueron reemplazados por alcaldes. Sus delegaciones se han transformado en ayuntamientos, los asambleístas fueron reemplazados por diputados locales, también en la estructura de gobierno aparecieron los concejales quienes son asesores cuya función principal es supervisar y evaluar las acciones de la alcaldía. (ABC Noticias, 2018).

#### **3.1.1 Historia de la CDMX**

Algunos puntos clave en la historia de la Ciudad de México expresadas en la página oficial (Gobierno de la Ciudad de México, s.f.) son:

- El 18 de noviembre de 1824 se fundó la Ciudad de México al entrar en vigor la Constitución Federal de los Estados Unidos Mexicanos (1824), la cual reconoció a esta zona como sede de los Poderes de la Unión (Ejecutivo, Legislativo y Judicial).
- El 31 de diciembre de 1970, con la promulgación de La Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal, el territorio se dividió en las 16 delegaciones actuales.
- En 1997: se realizó por primera vez la votación para elegir al Jefe de Gobierno del Distrito Federal, cargo que hoy encabeza la Dra. Claudia Sheinbaum Pardo (desde el 5 de diciembre de 2018).
- Con 1,485 km, la Ciudad de México se consolida como uno de los centros financieros y culturales más importantes del continente americano y del

mundo al recibir distinguidos reconocimientos como “Destino Turístico #1 para viajar en 2016”, por el New York Times, y como “Capital Mundial del Diseño 2018” por el Consejo Internacional de Sociedades de Diseño Industrial (ICSID, por sus siglas en inglés).

### 3.1.2 Geografía (Gobierno de la Ciudad de México, s.f.)

La superficie de la ciudad es de 1,485 kilómetros cuadrados, posee un clima templado subhúmedo (87%); seco y semiseco (7%) y templado húmedo el (6%). (Gobierno de la Ciudad de México, s.f.).

### 3.1.3 División política

La ciudad de México se encuentra dividida en 16 alcaldías, como se muestra en la ilustración 1, órganos políticos administrativos desconcentrados autónomos en sus acciones de gobierno, cada una de ellas se encuentra encabezada por un jefe de alcaldía, el cual es elegido por voto popular directo.

Las alcaldías son: Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, Cuajimalpa, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan, Venustiano Carranza, Xochimilco.

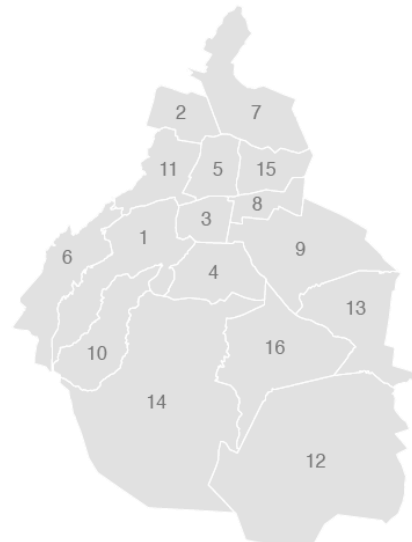


Figura 1: Alcaldías de la Ciudad de México. Fuente: Gobierno de la Ciudad de México. Obtenido de: <https://datos.cdmx.gob.mx/explore/embed/dataset/alcaldias/map/>.

### 3.2 Los habitantes de la Ciudad de México

La Ciudad de México fue considerada en el año 2018 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como la quinta ciudad más poblada del mundo, la primera es Tokio con 37 millones de habitantes; le sigue Nueva Delhi con 29 millones, Shanghái con 26 millones, Sao Paulo con 21,6 millones y la CDMX con 21 millones 581,000 habitantes.



Se cree que para el año 2035 la Ciudad de México contará con un total estimado de 24 millones 490 mil habitantes.

El crecimiento de la capital mexicana refleja el aumento de la población urbana general en México, que ahora cuenta con 104,8 millones de residentes ciudadanos, equivalentes a 80,2% de la población total. Mientras tanto, la población rural de México es de 25,9 millones de habitantes, luego de alcanzar su máximo histórico en 2014, cuando ascendió a 26 millones de pobladores rurales. (Forbes, 2018).

De acuerdo a las cifras presentadas por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) la ciudad de México en el año 2015 tenía una población de 8,918,653 habitantes, población compuesta por 4,687,003 mujeres y 4,231,650 hombres.

### **3.3 Oferta y demanda de los sistemas de transporte de la Ciudad de México**

A medida que la población crece, la demanda de servicios ofrecidos a los residentes aumenta, uno de los servicios más importantes es el transporte. Como se señaló en los párrafos anteriores, esta ciudad es una de las más pobladas del mundo y sus sistemas de transporte actualmente brindan un servicio con la intención de satisfacer las necesidades de la población. Entre ellos los servicios de transportes eléctricos<sup>40</sup>.

---

<sup>40</sup> Conformado por Tren ligero, Trolebús y taxis eléctricos

### 3.3.1 Tren ligero

Forma parte de la red del Servicio de Transportes Eléctricos de la CDMX, opera en el Sur de la Ciudad de México proporcionando un servicio de transporte no contaminante a la población de las delegaciones de Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco, brindando su servicio a través de 16 estaciones y 2 terminales, mediante 20 trenes dobles acoplados con doble cabina de mando con capacidad máxima de 374 pasajeros por unidad. Cuenta con una línea de 13,04 kilómetros. Tiene un costo de tres pesos por viaje y opera desde las 5:00 am hasta las 00:00 horas de lunes a viernes. (CDMX Servicios de transporte eléctricos, 2018).

De acuerdo con datos del INEGI (2018), en los primeros seis meses del 2018 se transportó en promedio a unos 95 mil 934 pasajeros diarios.



Figura 2: Ruta del Tren Ligero. Fuente: Servicio de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México. Obtenido de: <https://www.ste.cdmx.gob.mx/tren-ligero>.

#### 3.3.1.1 Costos de mantenimiento del tren ligero

El 23 de julio de 2018, el sistema de tren ligero reportó un incidente en una de sus unidades. La cabina (bogie) se movió 15 centímetros en las vías debido a una falla mecánica causada por el desgaste de las vías. También ha tenido varias suspensiones debido a las lluvias registradas, ya que



Figura 3: "Falla en Tren Ligero ocasiona cierre de la estación El Vergel a Tasqueña". Autor: El Heraldo de México. País y fecha: CDMX 23 de julio de 2018. Obtenido: <https://heraldodemexico.com.mx/cdmx/falla-en-tren-ligero-ocasiona-cierre-de-la-estacion-el-vergel-a-tasqueña/>.

esto provoca que el exceso de agua inunde los caminos evitando el paso de los trenes.

Por este motivo, el director de Transporte de Servicios de Transmisión de Electricidad, Juan José Reyes, dijo que este servicio carecía de un mantenimiento adecuado y que el costo estimado de este sistema para operar en condiciones óptimas era de dos mil millones de pesos. Un diagnóstico con el sistema de transporte público (STC). El mantenimiento tomaría entre 18 y 29 meses, aunque el proyecto aún no se ha presentado al Ministerio de Finanzas para que, de ser aprobado, se realice el trabajo necesario y comience tan pronto como sea posible. (Hernandez, 2018).

En mayo de 2019, se anunció que 10 estaciones de tren ligero cerrarían sus servicios para proporcionar mantenimiento y reparación de las vías. De hecho, de los 24 vagones que se tienen, solo 14 están funcionando, pero entre las estaciones *Estadio Azteca* y *Taxqueña* la circulación es muy lenta, con una velocidad de 20 kilómetros por hora, situación causada por los daños en las vías que tienen una antigüedad de 115 años y a pesar de que en 1980 se colocaron nuevos trenes eléctricos, nunca se invirtió en mantenimiento.

### **3.3.1.2 Presupuesto asignado**

Tomando como referencia los datos del Portal de Transparencia y Acceso a la Información Pública (2018) la cantidad estimada para el 2017 fue de 1,333,945,039 pesos, el monto autorizado para el año 2018 a los servicios de transporte eléctrico fue de 1,393,739,905 pesos, hasta septiembre del mismo año el monto no fue sido modificado, y al 30 de junio se ejerció la cantidad de 512,686,843.44 pesos, para el año 2019 el presupuesto asignado fue de 2,140,608,986 pesos. Estas cifras corresponden al presupuesto tanto como para el tren ligero, como para los taxis eléctricos, así como para las líneas de trolebús.

Para el mantenimiento y la reparación planeadas para el periodo que abarcará del 1 de julio y hasta el 31 de diciembre de 2019 se cuenta con un presupuesto de inversión de 245 millones de pesos, estos recursos serán utilizados para adquirir

aparatos de vías, rieles, así como dismantelar y sustituir la superestructura del mismo.

### 3.3.2 Trolebús

Cuenta con 8 *Líneas de Trolebuses* en servicio con una longitud de operación de 203,64 kilómetros, incluye los Corredores Cero Emisiones *Eje Central*, Eje 2 - 2A Sur y el nuevo Corredor Cero Emisiones Bus - Bici "Eje 7 - 7A Sur", inaugurado el 1 de noviembre de 2012. La flota vehicular programada es de 290 trolebuses, los cuales operan a un intervalo de paso promedio de 4 minutos, todas dentro de la CDMX. El costo del transporte varía entre sus líneas, y puede ser de 4 pesos o de 2 pesos, de igual forma sus horarios son diferentes para cada línea. (CDMX Servicios de transportes eléctricos, 2018).



Figura 4: Mapa del sistema Trolebús. Fuente: Servicio de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México. Obtenido de <https://www.ste.cdmx.gob.mx/storage/app/media/uploaded-files/MapaSte-2019.png>.

Según el INEGI (2018) en el primer semestre del año se trasladaron un promedio de 134 mil 866 pasajeros diarios por este medio de transporte.

### 3.3.3 Taxis

La Ciudad de México cuenta con una gran cantidad de taxistas. Aunado a esto, la Ciudad de México cuenta con taxis eléctricos vistos como un modelo de movilidad de transporte sustentable a favor del medio ambiente y en beneficio de todos los que habitan la CDMX. Integran una flotilla de automóviles



Figura 5: Taxi Eléctrico. Fuente: Servicio de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México. Obtenido de: <https://www.ste.cdmx.gob.mx/taxi-electrico>.

eléctricos, Nissan Leaf y Toyota Prius C, con capacidad de 5 pasajeros. Estos poseen una autonomía de 175 km para recorrer la ciudad, además se cuenta con varios sitios de recarga. (Servicios de Transportes Eléctricos, 2019).

### 3.3.4 Metrobús

Es un modo de transporte BRT (Bus Rapid Transit) que combina estaciones, vehículos, servicios y tecnologías avanzadas en un sistema de identidad positiva integrado. Metrobús cubre actualmente, con sus seis líneas, 125 kilómetros de carretera. Esto satisface las necesidades de 11 delegaciones. Hay tres tipos de autobuses en Metrobús. Los articulados son aquellos que constan de dos vagones que tienen una capacidad de unos 160 pasajeros. Los biarticulados tienen tres vagones y su capacidad es de 240 pasajeros. Los

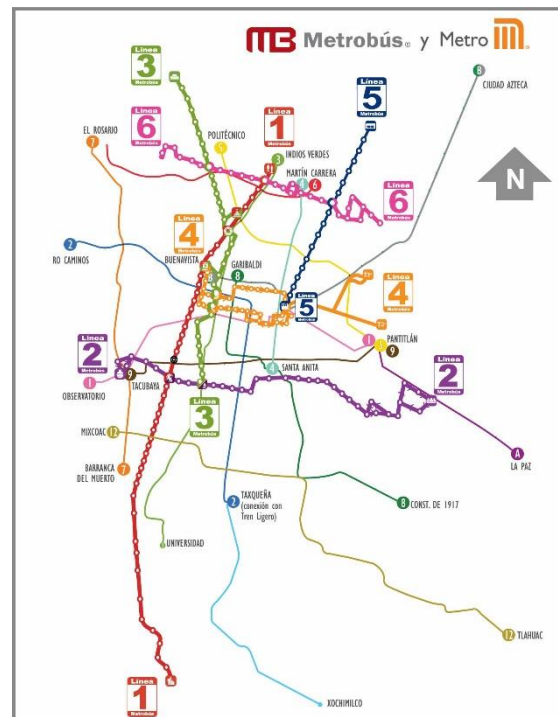


Figura 6: Mapa del sistema Metrobús. Fuente: Página Oficial MB Metrobús. Obtenido de: <https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/>.

autobuses que dan servicio a la línea cuatro tienen una capacidad de 90 pasajeros. (MB Metrobús, 2018).

El costo de acceso a este transporte es de seis pesos por viaje, utilizando solo la tarjeta Metrobús como pago, de lunes a sábado de 04:30 a 24:00. Domingos y festivos de 05:00 a 24:00. Según el INEGI en 2017, el número de pasajeros transportados por día fueron en promedio 896 mil 366. (INEGI, 2018).

### 3.3.4.1 Presupuesto asignado

Según el Portal de Transparencias y Acceso a la Información Pública (2018) el presupuesto asignado al Metrobús fue de 869,353,694 pesos están destinados a servicios personales, 3 millones 283 mil 753 pesos a materiales y suministros, y 775 millones 671 mil 848 pesos destinados a servicios generales. De acuerdo a la Gaceta Oficial de la Ciudad de México la cantidad estimada a utilizar en el año 2019 fue de 902,009,562 millones de pesos. (Congreso de la Ciudad de México, 2018)

### 3.3.5 Metro

El sistema de transporte colectivo tiene una flotilla de 390 trenes, de los de rodadura neumática 292 trenes son de 9 carros y 29 de 6, así como de rodadura férrea 12 son de 9 vagones con una capacidad de 240 pasajeros sentados y 780 pasajeros parados dando un total de 1,020 pasajeros; 27 de 6 vagones con una capacidad de 336 pasajeros sentados 1,139 pasajeros de pie obteniendo como total 1,475 pasajeros y 30 de 7 vagones con una capacidad de 360 pasajeros sentados 1,170 pasajeros de pie, dando un total de 1,530 pasajeros.



Figura 7: Mapa del sistema Metro. Fuente: Página oficial del Metro. Obtenido de: <https://www.metro.cdmx.gob.mx/>

La red del STC tiene un total de doce líneas, para proporcionar el servicio a los usuarios en horas punta, con un polígono

operativo de 282 trenes, los 108 trenes restantes se encuentran distribuidos en mantenimiento sistemático, mantenimiento mayor, rehabilitación, proyectos especiales y como reserva.

El costo por viaje es de cinco pesos, puede accederse a él usando *boletos de metro* o la *tarjeta electrónica* y funciona en horarios de: días laborales de 5:00 a 24:00 horas. Sábados de 6:00 a 24:00 horas. Domingos y días festivos de 7:00 a 24:00 horas.

A demás tienen acceso gratuito los adultos mayores, personas con discapacidad, niños menores de 5 años, jóvenes del INJUVE y policías. Las cifras del INEGI indican que, durante los primeros nueve meses del año 2018; 4, 434, 944 de personas utilizaron este medio de transporte diariamente.

### **3.3.5.1 Costos administrativos del sistema de transporte colectivo (Metro)**

(Chávez V. , 2017) El ex director general del sistema de transporte público (metro) Jorge Gaviño Ambriz mencionó durante su administración, en un comunicado de prensa, que este transporte presentaba un déficit; ya que el costo real del boleto acedía a 14 pesos y se requería una mayor inversión. Explicó que esta cifra se divide entre los ingresos del transporte 5 pesos, las contribuciones del gobierno de la ciudad 5,41 pesos, los recursos federales 0,19 centavos y un déficit de 3,64 pesos por pasajero.

Señaló que, en 2013, se habían obtenido del presupuesto 13, 000, 275 millones de pesos; para 2014, ascendió a 13, 000, 403 millones de pesos, pero con la inflación, esta cifra representó en términos reales 12, 000, 800 millones de pesos, monto que en 2017 se presentó de la misma forma.

Indicó que los recursos no son suficientes para el mantenimiento de 12 líneas, con un flujo diario de 5 millones y medio de usuarios transportados.

El sistema colectivo de metro (2017) está valorado en 239 mil millones de pesos. Los recursos humanos son el principal activo de la agencia, integrando una fuerza laboral de más de 15,000 empleados y 5,199 empleados de seguridad y vigilancia contratados externamente. El 32 por ciento corresponde al personal administrativo,



confianza, eventuales y de vigilancia (propietario de CTS); El personal de mantenimiento representa el 30.5% del personal, el 21.5% de las operaciones y el 16% es personal de taquillas.

### **3.3.5.2 Fallas del metro presentadas en el año 2017**

El plan maestro del metro 2018-2030 (2018) ha demostrado que, en promedio, 19 unidades salen de circulación diariamente debido a fallas y mal funcionamiento, lo que conduce a un aumento en el tiempo de transferencia del usuario y una saturación dentro de los vagones, lo que afecta los niveles de confort y seguridad durante el viaje de los pasajeros, así como los altos costos de mantenimiento correctivo.



Figura 8: Mantenimiento a diferenciales de 45 trenes de la línea 2. Fuente: Miguel Ángel Mancera. Obtenida de: <https://twitter.com/manceramiguelmx/status/78586127111421952>.

Durante el año 2017, se presentaron 22 mil 195 fallas. Con respecto a las causas del problema general que enfrenta el proceso de mantenimiento de la flota; lo más grave es la falta de equipamiento y repuestos (falta de equipos y refacciones). Esto ha generado que se extraigan componentes de trenes detenidos para utilizarlos en los trenes en operación y evitar que éstos dejen de circular. El suministro inoportuno, escaso o insuficiente de equipos, repuestos, refacciones y materiales para el mantenimiento del material rodante es casi tan grave como la causa descrita anteriormente, los orígenes de esta situación son diversos: presupuesto insuficiente asignado; liberación de recursos a mediados del año en que se ejercerán; así como tiempo adicional para contratar servicios o adquisiciones.

### **3.3.5.3 Presupuesto asignado**

De acuerdo con la Gestión Transparente de la Ciudad de México (2018) el sistema colectivo de transporte tuvo un monto autorizado de 17,548,952,560 pesos, sin embargo, esta cantidad fue modificada a 17,676,947,00 millones de pesos. El monto



ejercido fue de 16,547,969,00 pesos. Para el año 2019 el presupuesto asignado fue de 15,652,684,591 pesos.

### 3.3.6 Sistema de Movilidad 1 (M1)

Anteriormente conocido como RTP o Red de Transporte de Pasajeros, es un servicio de autobuses urbanos que sirve a 94 líneas en 83 colonias de la Ciudad de México. (M1, 2018) M1 tiene como objetivo proporcionar a los habitantes de la Ciudad de México y al área metropolitana un medio de transporte seguro, confiable económico, preocupado y comprometido con el medio ambiente.

Una de las tareas principales de M1 es trasladar a sus usuarios desde las terminales del Sistema Colectivo Metro a las áreas residenciales que rodean la ciudad. Este sistema se divide en:

El servicio Eco plus se divide en dos: el servicio express, con 22 rutas y el servicio Atenea, dedicado al uso exclusivo de mujeres y ancianos, ofrece 50 rutas programadas de 6:00 a 23:00. Servicio regular, con 94 rutas, servicio de autobús nocturno, esta medida tiene como objetivo satisfacer las necesidades de transporte de los ciudadanos que realizan actividades nocturnas en la Ciudad de México. Tiene 6 rutas. Su costo es de siete pesos entre las 00:00 y las 05:00.

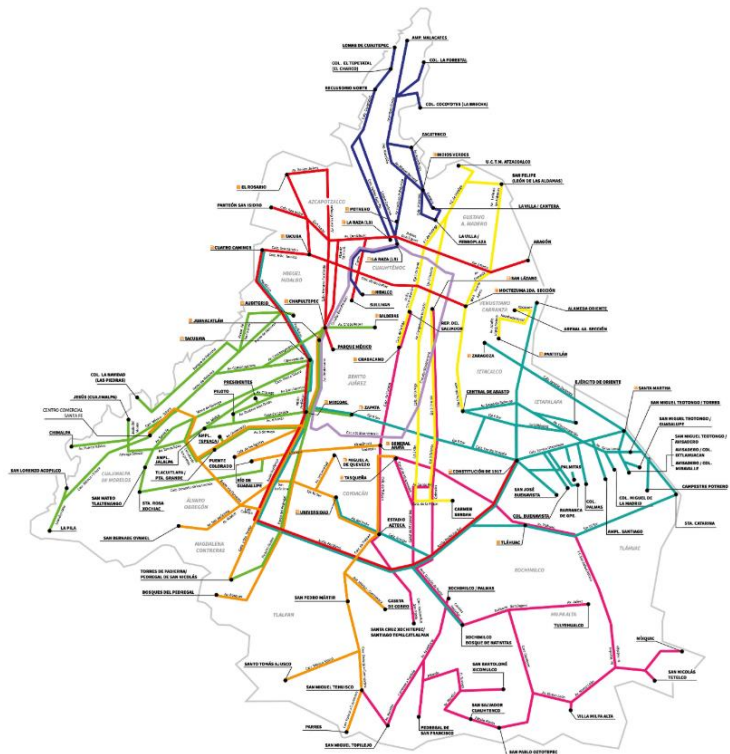


Figura 9: Rutas de la Red de Transporte de Pasajeros M1 de la CDMX. Fuente: Página Oficial RT. Obtenido de: <https://www.rtp.cdmx.gob.mx/red-de-rutas>.

Según datos del INEGI (2018) este transporte es utilizado diariamente por 13 mil 150 personas.

### **3.3.6.1 Presupuesto asignado**

Según datos de la Gaceta Oficial de la Ciudad de México en el año 2016 la cantidad presupuestada fue de 2,143,613,991 pesos, para el año 2017 fue de 1,701,980,646 pesos, para el año 2018 ascendió a 1,777,495,273 pesos y para el año 2019 se presupuestó la cantidad de 2,401,651,419 pesos.

### **3.3.7 Microbús**

Este transporte urbano característico opera a través de redes de camiones pequeños con una capacidad de aproximadamente 24 personas. Circulan prácticamente en todas las calles medianas y grandes de la ciudad y tienen la ventaja de permitir paradas continuas a voluntad del usuario. Son útiles



Figura 10: Microbús. Fuente: Ciudad de México Travel. Obtenido de: <http://cdmxtravel.com>.

como complemento a la red del metro cuando las terminales de estos camiones están ubicadas en la salida de las estaciones principales, lo que permite un acercamiento más cercano al destino. Tienen la desventaja de sentirse incómodos cuando generalmente están congestionados y el ser manejados con poco cuidado, además del tiempo de viaje que aumenta a causa de las paradas continuas. La mayoría de estos camiones son modelos antiguos que el gobierno está luchando para erradicar debido a la alta tasa de contaminación que se les atribuye, logrando que cada vez sean más las unidades de años recientes. Hay 916 líneas de autobuses con precios desde 5 pesos hasta 6,50 pesos, dependiendo de la distancia que tenga que recorrer.

### 3.3.8 Aplicaciones para conductores y usuarios en la CDMX

En la ciudad de México existen más de 12 aplicaciones disponibles para brindar servicios de transporte a sus usuarios, entre ellas encontramos a: Uber<sup>41</sup>, Didi<sup>42</sup>, Cabifay<sup>43</sup>, Easy Taxi<sup>44</sup>, Beat<sup>45</sup>, Avant<sup>46</sup>, Jetty<sup>47</sup>, Laudrive, Pooly<sup>48</sup>, Nekso<sup>49</sup>, Bolt<sup>50</sup>, InDriver<sup>51</sup>, Yevaz<sup>52</sup>, Picap. La mayoría de estas aplicaciones trabajan de manera similar, existen socios conductores que prestarán servicio de transporte. La finalidad es crear un ambiente de confianza y facilitar los medios de transporte al público.



Figura 11: Auto utilizado para transporte de pasajeros a través de la aplicación Uber. Fuente: Sitio oficial Uber. Obtenido de: [www.uber.com/](http://www.uber.com/).

- Aplicaciones como Avant, jetty, realizan un recorrido en una ruta específicas haciendo los usuarios sean los que deben tomar el transporte en paradas establecidas.
- Laudrive es únicamente para mujeres.
- Pooly permite a los choferes y dueños de sus autos compartir el vehículo si algún usuario se dirige al mismo destino la diferencia de esta app radica en que las ganancias no son monetarias sino más bien son beneficios como vales de gasolina y apoyo vial.
- Nekso, Easy Taxi, son aplicaciones que conectan plataforma que conecta a conductores, líneas de taxi y pasajeros.
- InDriver son los pasajeros quienes establecen el precio por el viaje, Los conductores que estén dispuestos a viajar por ese monto ofrecido pueden aceptar la solicitud.

---

<sup>41</sup> <https://www.uber.com/>

<sup>42</sup> <https://sociosdidi.com/>

<sup>43</sup> <https://cabify.com/>

<sup>44</sup> <http://www.easytaxi.com/mx/>

<sup>45</sup> <https://thebeat.co/>

<sup>46</sup> <http://avantapp.mx/>

<sup>47</sup> <https://www.jetty.mx/>

<sup>48</sup> <http://www.pooly.com.mx/>

<sup>49</sup> <https://nekso.io/>

<sup>50</sup> <https://partners.bolt.eu/>

<sup>51</sup> <https://indriver.com/>

<sup>52</sup> <https://www.yevaz.com/>

### **3.4 Equilibrio de la oferta y demanda**

Como puede observarse, existen diversos servicios que intentan satisfacer la demanda de transporte, sin embargo, la oferta es mayor a los servicios brindados lo que ha ocasionado deficiencia, molestia y malestar por parte de los usuarios de los transportes, como lo es el caso del Sistema de Transporte Colectivo Metro, quien tiene una demanda que sobrepasa el millón de usuarios diarios, o el tren ligero, quien en las horas de mayor demanda no logra cumplir con las expectativas de los usuarios pues solo funcionan 14 vagones de los 24 existentes, dejando a muchos en espera de otros vagones o brindando un trayecto muy decadente y lleno de conflictos para los viajeros, sin olvidar que los planes de suspensión de actividades por un periodo de seis meses en diez de sus estaciones con un presupuesto asignado de 245 millones de pesos. Esto supondrá un problema mayor, que afectará tanto a los usuarios frecuentes como a los automovilistas que transitan por el área, pues como medida mitigante se pretende brindar unidades que transporten a los pasajeros, causando con ello un aumento en los vehículos que transitan en la zona, aumentando el tráfico, las emisiones de carbono y el tiempo de traslado.

### **3.5 Problemática del transporte en la Ciudad de México**

Como es de esperarse, por motivos de la gran población con la que se cuenta en la Ciudad de México y su extensión territorial, es común que existan dificultades que aquejen a los ciudadanos al momento de transportarse de un sitio a otro, ya sea haciendo uso del transporte público o a través de los vehículos particulares.

El transporte público es un elemento constitutivo de la vida urbana que tiene como objetivo mejorar la calidad de vida, la economía de la población y generalmente reemplaza a los vehículos privados debido a su costo e incluso a la velocidad de los viajes. Sin embargo, algunas acciones han agravado los problemas con el tiempo y no han recibido la atención que merecen, como el crecimiento urbano desorganizado, la planificación urbana deficiente y la gran cantidad de automóviles que circulan en la ciudad, han ocasionado un fallo en el tránsito vial y han aumentado los impactos ambientales negativos.

Los habitantes de la Ciudad de México sufren diariamente problemáticas relacionadas al transporte ya que en las horas pico el tiempo de espera puede prolongarse más de lo que se acostumbra y las carreteras se constituyen por un tráfico denso para todos aquellos automovilistas que quieren llegar a su destino, e incluso en los períodos en que el índice de tránsito es bajo, esto implica largos períodos de traslado.

Adhiriéndole a esto todos aquellos habitantes de los municipios de ciudades vecinas que se trasladan cada día a la Ciudad de México por cuestiones laborales, de estudios o recreativas.

### **3.5.1 Vialidades en la Ciudad de México**

Por su parte, esta ciudad es una de las más congestionadas del mundo, en el año 2012 por cada 1,000 habitantes existían en la Ciudad de México 300 automóviles (INEGI, 2014), para el año 2017 había un total de 5,471,904 vehículos de motor registrados en la ciudad. (INEGI, 2017).

(INEGI, 2018) De los viajes en transporte privado, se estima que en un día se realizan 6.60 millones de viajes en automóvil. El promedio de ocupantes por auto es de 1.5 personas (considerando el inicio de los viajes) y es entre las 6:00 y las 8:59 horas cuando se aprecia la mayor actividad de viajes hacia el trabajo y la escuela. Según la hora de inicio, más de 4 millones de viajes se realizan entre las 7:00 y las 7:59 de la mañana. Por la tarde, entre las 18:00 y 18:59 horas se da el mayor número de retornos al hogar. De los viajes realizados al trabajo, el 36,6% dura hasta media hora; el 58,1% tarda entre 31 minutos y 2 horas y en el 5.3% usan más de 2 horas. En el caso del CDMX, 6 viajes de cada 10 duran entre 31 minutos y 2 horas, mientras que, en los municipios conurbados, el 7.2 % de los viajes emplean más de 2 horas. Para regresar al hogar, el 55 % de los viajes duran menos de 30 minutos; el 40.7% tardan de 31 minutos hasta 2 horas, y el 3.8% se prolongan por más de 2 horas. Del total de viajes de los municipios conurbados, cerca de 2.25

millones (12.6%) se realizan hacia la CDMX. En tanto que, del total de viajes de la CDMX, 2.16 millones (13.3%) se realizan hacia los municipios conurbados<sup>53</sup>.

Según gráficas de TomTom (2018) partiendo de bases de datos históricas del 2017, la Ciudad de México tiene el lugar número 9 de las ciudades más aglomeradas del mundo, donde las mañanas pueden tener una congestión de hasta 96% de tiempo extra, y las tardes llegan a tener un 101% de tiempo extra esto se traduce a un promedio de 59 minutos extra diarios y 227 horas al año. Aunado a esto, la velocidad de traslado es de 23 kilómetros por hora donde en las horas de congestión provocan que la velocidad disminuya hasta los 17 K/h, velocidad a la que se llega con mayor facilidad los días jueves y viernes en horarios de 6 pm a 8 pm.



Figura 12: Nivel de congestión en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia basado en datos de TOMTOM. Lugar y fecha: CDMX 25 de septiembre de 2018 Obtenido de: [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/mexico-city-traffic#statistics](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/mexico-city-traffic#statistics)

<sup>53</sup> Son los 18 municipios del estado de México

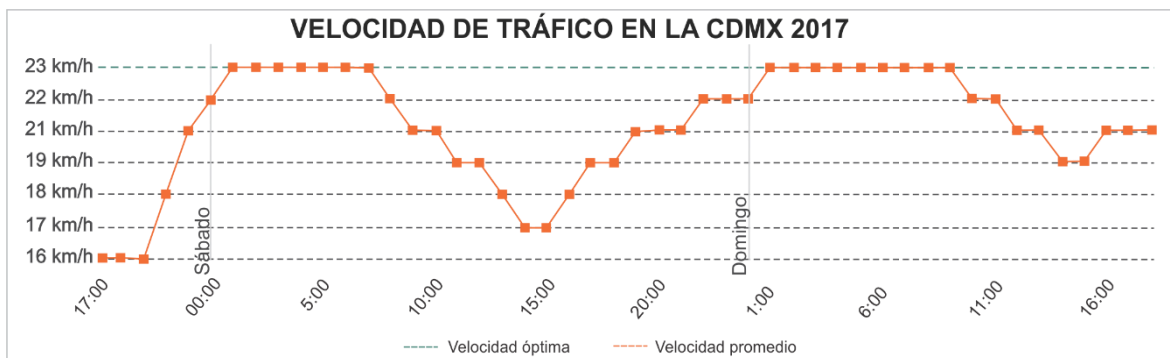


Figura 13: Velocidad de tráfico en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia basado en datos de TOMTOM. Lugar y fecha: CDMX 25 de septiembre de 2018 Obtenido de: [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/mexico-city-traffic#statistics](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/mexico-city-traffic#statistics).

### 3.5.2 Congestión en el transporte público

Por otro lado, el transporte público brinda su servicio a millones de pasajeros a través de sus diferentes rutas y vehículos destinados a ello, pero ¿cuánto tiempo invierte una persona en llegar a su trabajo, escuela o a su destino haciendo uso del transporte público?

En la Ciudad de México abordar un transporte público como el Metro o Metrobús resulta cada día más difícil. La movilidad, los tiempos de traslado, la calidad de transporte y la contaminación son temas de gran relevancia para la ciudad. El transporte es un bien que comparten la mayor parte de la población y afecta directamente su bienestar, haciendo de su eficacia algo esencial para la vida de toda la ciudad. En esta ciudad con una población mayor a los ocho millones, y donde la mayoría de sus habitantes utiliza este sistema de transporte como movilidad diaria y habitual, es común ver que dichos sistemas de transporte colapsen en días de contingencia ambiental<sup>54</sup>, en horas punta y recientemente en días con climas no

<sup>54</sup> Es un conjunto de medidas que se aplican cuando se presenta un episodio de contaminación severa, durante el cual, las concentraciones de ozono o de partículas suspendidas alcanzan niveles que ponen en riesgo la salud de la población en general y producen efectos adversos en los grupos sensibles como niños, adultos mayores, personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares



favorables, ocasionando con ello miles de perjuicios a personas que cuentan con este medio para sus traslados en días laborales, estudiantiles o de recreación.

Los transportes públicos brindan aproximadamente su servicio entre semana a 34.56 millones de pasajeros en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); el 58.1% es para ir al trabajo y duran entre media hora y dos horas; esta información fue recabada de las 16 delegaciones de la Ciudad de México y en 59 municipios



Figura 14: "Viaja arriba de pasajeros en Tren Ligero". Fuente: El Reforma. Lugar y Fecha: CDMX 30 de agosto de 2018. Obtenido de: <https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=1479565&md5=7260ac7c1999e0b78c3566f05cb6a84f&ta=0dfdbac11765226904c>.

conurbados del Estado de México y en Tizayuca, Hidalgo (INEGI, 2018). En este estudio se determinó que más de ocho millones de pasajeros utilizan el transporte público<sup>55</sup> de la Ciudad diariamente, haciendo uso de uno o más modos de transporte.

Sin embargo la infraestructura del Sistema de Transporte Colectivo (STC) comúnmente llamado *metro* no es suficiente para atender a los 5.5 millones de usuarios que diariamente utilizan el servicio.

---

<sup>55</sup> La suma por modo de transporte utilizado, puede ser mayor que su total correspondiente, debido a que una persona puede emplear más de un modo de transporte.



Sus 226 kilómetros de longitud, distribuidos en 12 líneas, y sus 390 trenes están calculados para atender a 4.5 millones de personas al día, es decir, el STC presenta un déficit en su capacidad de un millón de usuarios, según datos del organismo.

En horas de máxima demanda, la densidad en el STC alcanza hasta seis personas por metro cuadrado. Para los próximos años, solo se contempla la ampliación de cuatro kilómetros de la Línea 12, de Mixcoac a Observatorio, y un kilómetro más de la Línea 9, de Tacubaya a Observatorio.



Figura 15: "Protesta de Green Peace" Fuente: BigData. Lugar y fecha: CDMX 29 de junio de 2019. Obtenido de: <https://elbigdata.mx/green-data/protesta-greenpeace-en-metro-pantitlan/>

Otros proyectos, como la ampliación de la Línea A, de La Paz a Chalco, están detenidos. El principal reto, es el financiamiento para la construcción de nuevas líneas, pues actualmente cada kilómetro del Metro tiene un costo de mil 200 millones de pesos. (Excelsior, 2018).

### **3.5.3 Delincuencia en el transporte público**

Uno de los mayores problemas que aqueja y presentan los sistemas de transporte públicos de la ciudad son los constantes asaltos que en su mayoría se desarrollan sin violencia. El robo a los transeúntes en el segundo trimestre del año 2018 posiciona a la Ciudad de México en lugar número tres a nivel nacional.

Según el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (2018) los robos a transporte público individual registrados en el mes de julio son 28, con un total de 163 robos los primeros siete meses del año, en este caso la mayoría fue robo con violencia. Por su parte, el robo al transporte público colectivo registró la cantidad de 292 en el mes de julio, obteniendo un total de mil 802 robos en los primeros 7 meses del año. Además, el robo al transporte individual obtuvo un total de mil 605 denuncias en los mismos 7 meses.

### **3.5.4 Aumento del precio de los combustibles**

En el año 2012 el costo de la gasolina por litro magna era de 10 pesos con 72 centavos, por su parte la gasolina magna costaba 11 pesos con 08 centavos, en el año 2018 los costos ascendieron un 81% más pues su precio se encontró entre los 19 y 21 pesos.

El comienzo de este gran aumento fue dándose de manera gradual, pero el mayor de ellos se suscitó a principios del año 2017 pues se registró un aumento de alrededor del 20% en los combustibles, este evento fue conocido como el mega gasolinazo. De acuerdo con un estudio presentado por bloomberg, los conductores en México utilizan en promedio 355.48 litros de gasolina al año lo que equivale al

3.94% de su salario. Con un ingreso diario promedio de 504.75MXN, se necesita el 4.04% de los salarios de un día para pagar un litro de gasolina.



Figura 16: "La Gasolina Premium rompe el techo de los 21 por litro y ya se incrementó 86.4% durante el sexenio de Peña" Fuente: Sin Embargo. Lugar y fecha: CDMX 10 de agosto de 2018. Obtenido de: <https://www.sinembargo.mx/10-08-2018/3455247>.

México ha estado desmantelando sus subsidios de combustible, y los conductores lo están resintiendo. Una fuerte subida de los precios a principios de enero provocó protestas generalizadas. A pesar de que los precios se mantienen muy por debajo del promedio mundial, los bajos ingresos y las largas distancias de manejo afectan gravemente a los conductores mexicanos. Los conductores ahora dedican más de su sueldo al llenado de combustible que en cualquier otro país. (Bloomberg, 2018).

### 3.6 Problemas ambientales en la Ciudad de México

Al ser una de las ciudades más pobladas, visitadas por ciudades y estados vecinos, con un gran número de habitantes, industrias, y vehículos de transporte, terrestres y aéreos, la Ciudad de México posee altos índices de contaminantes en el aire, que afectan la vida diaria de sus ciudadanos pues las medidas, que se toman por parte del gobierno cuando el índice de la calidad del aire para prevenir daños, van desde promover el uso de transporte público de forma gratuita, el hoy no circula aplicada a los vehículos, así como emisiones de alertas para que las personas eviten estar el menor tiempo posible fuera de sus hogares.

### **3.6.1 Índice de la calidad del aire**

De acuerdo con la página de la Secretaría del Medio Ambiente o SEDEMA (2018) el índice de calidad del aire es un indicador diseñado para informar a la población, este índice muestra que tan contaminado se encuentra el aire y cuáles podrían ser los efectos en la salud. Desde 2006, el índice de calidad del aire tiene su fundamento en la Norma Ambiental del Distrito Federal NADF-009-AIRE-2006 en donde se establecen los requisitos para su cálculo y difusión.

El índice se calcula para cinco de los contaminantes críticos: dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, ozono y partículas suspendidas; se representa con una escala que va de 0 a 500, donde el valor de 100 se asigna al valor indicado por la Norma Oficial Mexicana para cada contaminante. Un valor menor a 100 se considera satisfactorio y con un bajo riesgo para la salud. Cualquier nivel superior a 100 implica algún riesgo para la salud, entre más grande es el valor del índice, mayor es la contaminación y el riesgo.

El propósito del índice es facilitar la comprensión del vínculo entre los niveles de contaminación del aire y los efectos en la salud. Con este fin, el índice se divide en cinco categorías, cada una corresponde a un intervalo en el índice y señala el nivel de riesgo para la salud. Para simplificar su interpretación cada intervalo se representa mediante un color.

Tabla 5: Índice de calidad de aire y sus recomendaciones.

Categoría	Intervalo	Mensaje	Significado	Recomendaciones
Buena	0-50	Sin riesgo	La calidad del aire es satisfactoria y existe poco o ningún riesgo para la salud.	Se puede realizar cualquier actividad al aire libre.
Regular	51-100	Aceptable	La calidad del aire es aceptable, sin embargo, en el caso de algunos contaminantes, las personas que son inusualmente sensibles, pueden presentar síntomas moderados.	Las personas que son extremadamente sensibles a la contaminación deben considerar limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
Mala	101-150	Dañina a la salud de los grupos sensibles	Quienes pertenecen a los grupos sensibles pueden experimentar efectos en la salud. El público en general usualmente no es afectado.	Los niños, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deben limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
Muy Mala	151-200	Dañina a la salud	Todos pueden experimentar efectos en la salud; quienes pertenecen a los grupos sensibles pueden experimentar efectos graves en la salud.	Los niños, adultos mayores, personas que realizan actividad física intensa o con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, deben evitar el esfuerzo prolongado al aire libre.  La población en general debe limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
Extremadamente mala	>200	Muy dañina a la salud	Representa una condición de emergencia. Toda la población tiene probabilidades de ser afectada.	La población en general debe suspender los esfuerzos al aire libre.
Peligrosa	301-500	Peligro	Toda la población experimenta efectos graves en la salud.	Suspensión de actividades al aire libre.

Fuente: Elaboración propia, Información tomada de la página oficial de la Secretaría del Medio Ambiente SEDENA. Obtenido de: <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnml=&dc=%27Zw==>

### 3.6.2 Principales fuentes contaminantes de la Ciudad de México

#### 3.6.2.1 Gases de efecto invernadero.

De acuerdo con la Secretaría del Medio Ambiente (2018) los gases de efecto invernadero suman una cantidad de 20.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anualmente, de esta cifra el 91% corresponde a dióxido de carbono y carbono negro, 8% al metano con un total de 58 mil 409 toneladas anuales, entre los que se contemplan las aguas residuales (71%), vehículos de transporte (1.5%), los desechos de los hogares (25.2%), y cada habitante aporta 1.4 kg de metano al día, el otro 1% le corresponde al óxido nitroso. (Secretaría del Medio Ambiente, 2018).

Los principales generadores del dióxido de carbono anuales con una cifra de 18.8 millones de toneladas son los vehículos de transporte (aviones, camionetas, taxis, autobuses, automóviles, motocicletas, camiones de carga, motonetas), con un 79%, le siguen las viviendas habitacionales, las que contribuyen con un 10% a la generación de dióxido de carbono, seguidos de las fábricas o empresas con un 9% de contaminantes.

Por otra parte, los primordiales generadores que favorecen al aumento del carbono negro de 950 toneladas por año son una vez más causados por los vehículos de transporte, pues estos aportan un 86% de la cifra total, las industrias aportan un 4% y 10% restante es aportado por otros generadores.

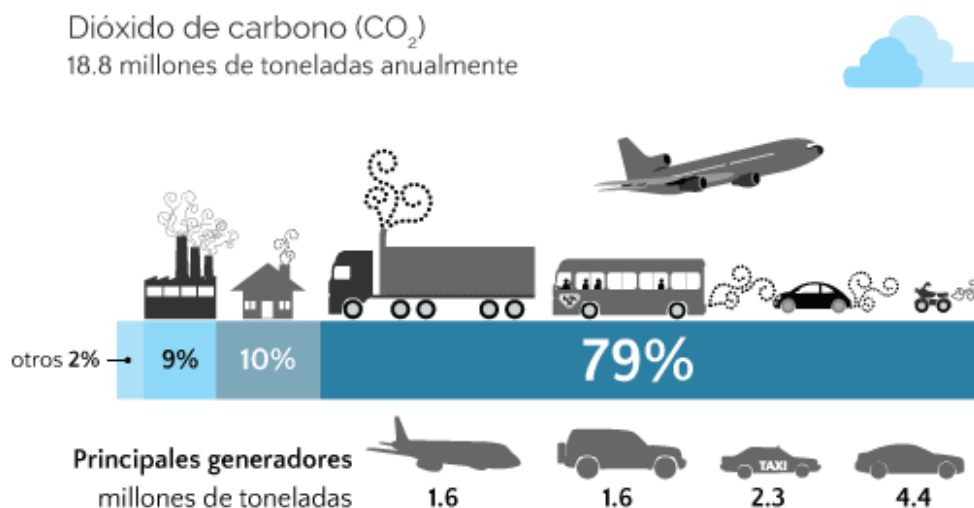


Figura 17: Principales generadores de CO<sub>2</sub> en la Ciudad de México. Fuente: Página oficial de la Secretaría del Medio Ambiente SEDEMA. Obtenido de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/>



### 3.6.2.2 Generadores de partículas en la Ciudad de México $PM_{10}$ y $PM_{2.5}$ <sup>56</sup>.

La combustión de los automóviles produce cantidades importantes de óxidos de nitrógeno (NOX), mientras que la presencia de pequeñas concentraciones de azufre en la gasolina y el diésel contribuyen a la emisión de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Los tractocamiones son los vehículos de mayor emisión de partículas finas debido al uso de diésel como combustible. Generan el 8% de las  $PM_{10}$  y el 11% de las  $PM_{2.5}$ , autos particulares y autobuses en conjunto emiten el 49% de NOX. En el caso de los compuestos orgánicos volátiles (COV), los principales emisores son los autos particulares y los microbuses. El tránsito vehicular sobre las vialidades genera emisiones de partículas, producidas por el paso de los vehículos sobre ellas y la resuspensión del polvo, estas contribuyen con el 30 % de las  $PM_{10}$  y el 13% de las  $PM_{2.5}$ . La industria química y la fabricación de productos a base de minerales no metálicos (ej. cemento, concretos, cal) son los mayores emisores de partículas del sector industrial aportando el 7% de  $PM_{10}$  y 10% de  $PM_{2.5}$ . (SEDENA 2018).

En conjunto, el transporte representa el 51% de las emisiones de partículas menores a 10 micrómetros – $PM_{10}$  y el 42% de las emisiones de partículas menores a 2.5 micrómetros- $PM_{2.5}$ .



Figura 18: Gráficas de emisiones de partículas menores a 10 y 20 micrómetros o diferentes sectores. Fuente: Elaboración propia, basada información de la Secretaría del Medio Ambiente. Obtenido de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/>

<sup>56</sup> Las partículas tienen en una amplia gama de tamaños y se clasifican en función de su diámetro aerodinámico en  $PM_{10}$  (partículas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 micras) o  $PM_{2.5}$  (diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras). Estas últimas son más peligrosas, ya que, al ser inhaladas, pueden alcanzar las zonas periféricas de los bronquiolos y alterar el intercambio pulmonar de gases.

### **3.6.2.3 Compuestos tóxicos.**

Los principales contaminantes tóxicos o peligrosos son gases y partículas que se encuentran en el aire y que son altamente nocivos a la salud. Entre estos se encuentran: el tolueno, xileno, metanol, benceno, magnesio, antimonio, fosforo, cromo y plomo.

Al año se registran un aproximado de 177, 803 toneladas de compuestos orgánicos, de los cuales el 30% (53,085 toneladas) son de alrededor de 166 contaminantes tóxicos en los que destaca el metano con 9%, el xileno con 11% y el tolueno con 23%. Por su parte, las partículas  $PM_{2.5}$  contribuyen con un aproximado de 5 mil 281 toneladas al año, de estas un 1.6% (83 toneladas al año) son partículas toxicas de más de 20 metales diferentes en su mayoría (61%) generadas en industrias, entre ellos está el plomo con 15%, el zinc con 13%, el fosforo con 11%, bario con 10%, manganeso con 9%, otros más poseen el 42%.

En el hogar se genera el 41% de las emisiones, principalmente por el uso de pinturas, plaguicidas y solventes.

### **3.6.2.4 Precursores de ozono**

(Villaseñor, 2017) Los precursores de ozono son una mezcla entre compuestos orgánicos volátiles-COV y óxidos de nitrógeno- $NO_x$ . COV son contaminantes del aire y cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono (a nivel del suelo o troposférico). La presencia de concentraciones elevadas de ozono en el aire que se respira es muy peligrosa. Los COV son liberados mediante dos procesos diferentes: por combustión; la quema de combustibles, como gasolina, madera, carbón, gas natural o por evaporación mediante el uso de solventes, pinturas, pegamentos y otros productos utilizados en el hogar (aromatizantes, repelentes, etc.), comercios (lavado en seco) y servicios (disolventes de grasas).

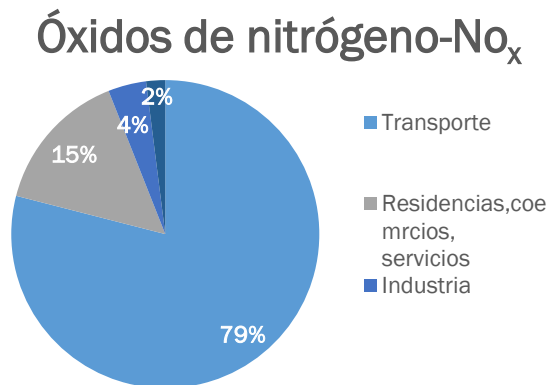
(Sheridan, 2018) Los óxidos de nitrógeno- $NO_x$  son la familia de compuestos químicos contaminantes del aire, óxidos de nitrógeno. El  $NO_x$  representa siete compuestos diferentes, se puede encontrar en el medio ambiente por causas



naturales, incluida la respiración bacteriana, los volcanes, los rayos y la entrada desde la estratosfera.

En la Ciudad de México el transporte emite el 21% de Compuestos orgánicos volátiles, las residencias, los comercios y servicios un 58% la industria un 15% y el otro 6% es generado por otros factores.

Por otra parte, el transporte representa el 79% de óxidos de nitrógeno generados, las residencias, comercios y servicios un 15%, la industria un 4% y el 2% restante es provocado por otros factores.



Los tractocamiones, autos particulares y autobuses, en conjunto emiten el 49% de  $\text{NO}_x$ . En el caso de los COV, los principales emisores son los autos particulares y los microbuses, con el 8% y 4% respectivamente.

Figura 19: Gráfica de emisión de óxidos de nitrógeno por sectores. Fuente: Elaboración propia, basada información de la Secretaría del Medio Ambiente. Obtenido de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/>.

El sector residencial genera el 44% de los COV; se emiten por el uso de pinturas en el hogar y de productos de cuidado personal (sprays, perfumes, plaguicidas, otros), así como por las fugas de gas LP en conexiones y la combustión incompleta en estufas y calentadores.

### 3.7 Temporada de ozono en la Ciudad de México

De acuerdo con un comunicado de prensa emitido por parte de CONAGUA a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Secretaría del Medio Ambiente de la CDMX (SEDEMA), la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) y la Coordinación Ejecutiva de la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME) (2018) informan que la temporada de ozono ( $\text{O}_3$ ) se caracteriza por la presencia de sistemas de alta presión en la parte central del país, a menudo asociada con bajas masas de aire continental con bajo contenido de humedad, poca nubosidad, registro de altas temperaturas y radiación solar en el

valle de México. Los patrones climáticos asociados con estos sistemas de alta presión promueven el movimiento vertical del aire desde las capas superiores de la atmósfera a la superficie terrestre (subsistencia), una condición que, combinada con una humedad ambiental baja, causa cielos despejados y una estabilidad atmosférica de moderada a alta, generando un viento débil en la superficie. Estas condiciones favorecen la producción y acumulación de contaminantes secundarios fotoquímicos como el ozono (O<sub>3</sub>) y los aerosoles secundarios.

En esta temporada, el ozono tiene grandes concentraciones de este contaminante por un largo periodo, favorecido por el aumento en la duración de los días, la escasa humedad y la intensa radiación. En la Ciudad de México esta temporada tiene lugar entre febrero y principios de junio. En general, las contingencias previas se informan cuando las concentraciones de ozono son mayores que 150 y 180 IMECAs<sup>57</sup> trayendo consigo un número de afectaciones hacia los ciudadanos ya sea en la forma en la que normalmente los autos circulan o en la eficiencia del transporte público.

### **3.8 Contaminación acústica**

La contaminación acústica se define como el exceso de sonido, ruidos que modifican las condiciones normales del ambiente y que son generados por actividades humanas; uso de automóviles (ruido del motor, bocina), promoción de artículos para su venta con equipo de sonido, actividades industriales que producen efectos negativos en la salud humana (Secretaría de Protección Civil, 2017).

De acuerdo con las normas vigentes, la ciudad establece un límite de ruido máximo permitido de 65 decibelios durante el día y 62 decibelios por la noche. Sin embargo, los 65 decibeles permitidos son 10 puntos más altos que los 55 que la OMS considera como el límite superior al aire libre.

Según el mapa de ruido en las zonas céntricas y en el Área Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la exposición al ruido es aún mayor, con un rango de 75 a 85

---

<sup>57</sup> Índice Metropolitano de la Calidad del Aire, el índice se muestra en la tabla 1, índice de la calidad del aire y sus recomendaciones

decibelios. El primer lugar en el origen del ruido es el tráfico de automóviles. (Arena Pública, 2018).

Entre las afectaciones físicas se incluyen presión arterial alta, cambios en los patrones de respiración, tensión muscular, agudeza visual, dolores de cabeza, tensión muscular y silbidos en los oídos. Estos efectos no son permanentes, desaparecen cuando el ruido se detiene, sin embargo, si la exposición es prolongada, puede causar sordera. El estrés, la irritabilidad, los trastornos del sueño, la mala memoria, la falta de atención son algunas de las condiciones psicológicas.

### **Conclusiones del capítulo**

Los vehículos no son los únicos que influyen en la contaminación del aire en la Ciudad de México, pero proporcionan una gran cantidad de óxidos de nitrógeno, partículas por debajo de 10 y 2.5 micrómetros, gases tóxicos y más de 14 millones de toneladas de dióxido de carbono por año. Si bien es cierto que todo esto no se genera por la quema de combustible, sino también por la fricción de neumáticos en las carreteras, sus efectos pueden causar grandes problemas a la población que vive en la ciudad, población que necesita medios de transporte todos los días día para desarrollar sus actividades normalmente, lo que resulta en el mal uso de los recursos disponibles, ya que, como se muestra, la mayoría de los autos están ocupados por solo 1.5 pasajeros, lo que resulta en un gran número de autos en las avenidas, las carreteras y caminos de la ciudad, con muy pocas personas desplazadas, demasiado espacio ocupado y, al mismo tiempo gran espacio en un automóvil siendo desperdiciado, esto y el aumento incontrolable del parque vehicular han causado un gran impacto en los usuarios y los ciudadanos a lo largo de los años, si a esto le sumamos los atascos de tráfico generados por las inundaciones en las estaciones lluviosas, por accidentes viales, y la lentitud con que operan los transportes públicos y privados debido a estas situaciones, con una cifra que supera los ocho millones de habitantes y una cifra que supera los cinco millones de vehículos, se plantea un problema importante de movilidad y de contaminación en la ciudad. Cada vez es más común enfrentarse a distintos problemas que

aquejan los distintos medios de transporte. Cada día es más común escuchar que estos transportes colapsan debido a la fuerte demanda que tienen y, aunque el gobierno ha invertido en la mejora de ellos, es más difícil asegurar a los pasajeros que la llegada a su destino será la hora programada por cada uno de ellos.

## **CAPITULO 4. TRANSPORTE INTELIGENTE EN LA CIUDAD DE MÉXICO**

### **4.1 Sistemas inteligentes de transporte en la Ciudad de México**

La gran demanda de los usuarios, actividades económicas y productivas por medios carreteros, distribución, logística y sistemas de transporte público en los que las personas y las mercancías pueden transportarse de manera segura, eficiente, confiable y cómoda ha propiciado la necesidad de realizar grandes inversiones en la infraestructura carretera. Las inversiones en infraestructura se caracterizan por ser costosas, por lo que cualquier cambio, ampliación o mejora de infraestructura que se realice implica altos costos de inversión.

Del mismo modo, el espacio es un recurso limitado, una situación que se presenta como una condición constante, principalmente en las ciudades, pero también en las infraestructuras viales. Esta situación, en la mayoría de los casos, implica una gran inversión cuando el objetivo es crear una nueva infraestructura.

En la Ciudad de México existen algunas mejoras en las vialidades y terminales de las estaciones de transportes públicos impulsadas por el gobierno y sector privado, para garantizar la satisfacción del usuario y el buen funcionamiento de estos servicios; sin embargo, las fallas recurrentes siguen perjudicando a los pasajeros, lo que hace que sus viajes se conviertan en situaciones incómodas, lentas e ineficaces. Algunas de las mejoras implementadas en la ciudad son las que se mencionan a continuación:

#### **4.1.1 Sistemas de posicionamiento**

Considerados como uno de los componentes fundamentales de los sistemas de transporte inteligente, proporcionan referencias geográficas precisas en tiempo real y una amplia cobertura en áreas rurales o urbanas, lo que permite un control preciso de los sistemas de transporte.

Estos sistemas permiten rastrear y ubicar la posición de un vehículo por medio de señales transmitidas por satélite o radiofrecuencia a un receptor, instalado bajo la protección del automóvil. Entre los sistemas más utilizados destacan los siguientes:

- **Sistema de Posicionamiento Global o GPS:**
  - a) Proporciona, a través de una red de satélites y un receptor oculto instalado en el vehículo, las coordenadas y su ubicación exacta durante el seguimiento. De manera similar, con la ayuda de Internet y una clave proporcionada por la empresa prestadora del servicio, el cliente tiene la oportunidad de monitorear la ubicación de su automóvil en cualquier momento del día. Para que este sistema funcione correctamente, debe estar orientado hacia el cielo; Si el automóvil se encuentra debajo de un túnel, en un estacionamiento subterráneo o en un área cubierta, el sistema dejará de funcionar. El sistema GPS tiene una memoria que registra la posición del vehículo en cualquier momento o en diferentes intervalos de tiempo y con la cual la compañía cuenta para rastrear y encontrar el vehículo en el área donde se registró su última posición.
- **Radiofrecuencias**
  - b) Este sistema funciona mediante antenas y espectros de frecuencia, que capturan la señal emitida por un dispositivo oculto colocado en el automóvil. Posteriormente dicho dispositivo se da de alta hablando al centro de atención a clientes. Después de eso, el dispositivo se registra hablando con el centro de servicio al cliente, donde se proporcionará un PIN para la activación. La radiofrecuencia no se pierde si el vehículo pasa o se encuentra bajo túneles, aparcamientos subterráneos o zonas cubiertas.

A su vez el GPS posee aplicaciones también en el transporte aéreo ya que proporciona diferentes ventajas como un mayor nivel de seguridad de los vuelos por la vigilancia automática de precisión, reducción de los mínimos de separación entre los vuelos que permitirán una mayor capacidad en el espacio aéreo, trayectoria de vuelo en rutas más directas, mejoramiento progresivo en la economía para los gobiernos por la eliminación de costos de mantenimiento de equipos anticuados, entre otras

Según la brújula de compra Profeco desde 2008, teniendo en cuenta la gran cantidad de robos de automóviles en la ciudad, la Secretaría de Seguridad Pública de la época, el antiguo Distrito Federal acordó que todos los vehículos deberían estar equipados con un sistema de GPS para conocer la ubicación del vehículo. Se encuentran las disposiciones de la Sección XI de la Sección 16 del Reglamento de Tránsito Metropolitano. Volviéndolo así una obligación que, de no ser respetada, resultaría en una multa de hasta cinco días de salario mínimo. (Nila, 2008).

#### **4.1.2 Provisión de información de tráfico en tiempo real**

Para este tipo de servicios, se utilizan sistemas de posicionamiento global, pues estos deben proporcionar información en tiempo real para controlar de forma confiable los datos y facilitar su administración; Deben proporcionar información sobre las condiciones del tráfico, trabajos de mantenimiento, velocidades de circulación, alarmas de accidentes, entre otros. (González J. R., 2015).

En la ciudad uno de los servicios más utilizados es la aplicación Waze que, además de dar a conocer la mejor ruta para llegar al destino, permite seleccionar una gama de rutas alternas, notifica alertas de policía, accidentes, peligros en las vialidades o embotellamientos, así como acciones que puedan suceder en tiempo real, esta aplicación se alimenta de la información que los usuarios le proveen.

Por desgracia existen usuarios comúnmente denominados *impostores de Waze* que alteran la realidad al subir información falsa a la aplicación en horas punta, estos usuarios acceden a su cuenta y alertan de accidentes, incidencias o controles policiales, todos ellos falsos, de forma que el sistema envía a los conductores por una ruta alterna evitando de esta forma un mayor tránsito por la zona. El servicio es tan rápido que el efecto suele ser casi inmediato: calles desiertas y de nuevo idóneas. Sin embargo, al tener este escenario contemplado y tras varias alertas falsas, la cuenta del usuario es suspendida. Este hecho se da principalmente en grandes zonas residenciales de Estados Unidos. (Wang, y otros, 2016).

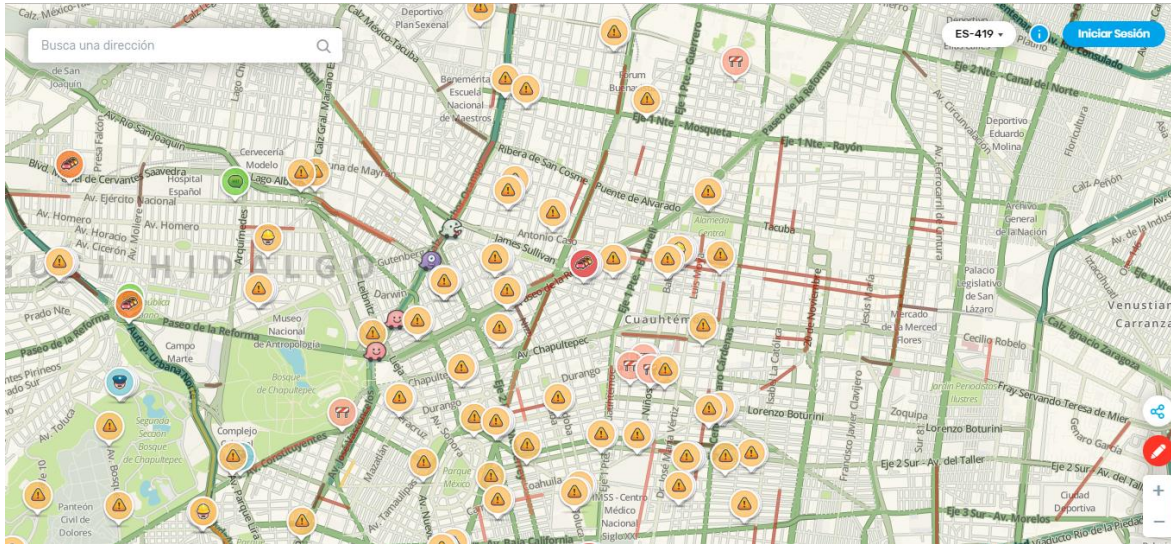


Figura 20: Tráfico en tiempo real haciendo uso de la aplicación Waze. Fuente: sitio oficial Waze. Obtenido de: [https://www.waze.com/es-419/livemap?utm\\_source=waze\\_website&utm\\_campaign=waze\\_website&utm\\_exp\\_id=.z8gfr2fShy0HjCgmeawNQ.0&utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.](https://www.waze.com/es-419/livemap?utm_source=waze_website&utm_campaign=waze_website&utm_exp_id=.z8gfr2fShy0HjCgmeawNQ.0&utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.)

Waze es definida en su página<sup>58</sup> como una aplicación de tráfico y navegación basada en la comunidad más grande del mundo que une a otros conductores en el área para compartir información vial y de tráfico en tiempo real, ahorrando a todos, tiempo y combustible en sus desplazamientos diarios. Ha tenido una gran aceptación por parte de los conductores.

Waze no es la única aplicación que informa a sus usuarios de tráfico en tiempo real, también existe Google Maps (ambas aplicaciones pertenecen a Google), que funciona de una manera similar a Waze, esta última está más enfocada en brindar un servicio para conductores, Google Maps por su parte ofrece una gama de soluciones mayor, pues indica a sus usuarios diferentes formas y tiempos de traslado dependiendo el medio de transporte a utilizar, cabe mencionar que su función principal era ser un mapa para el público. En el año 2019 Google Maps realizó una actualización que le permite a los usuarios alertar sobre controles de velocidad, atascos, accidentes, cierres de carriles, vehículos averiados, objetos en la vía u obras en tiempo real.

<sup>58</sup> <https://www.waze.com/es/>



### 4.1.3 Gestión en estacionamientos

Algunos estacionamientos en la Ciudad de México, ubicados en plazas, han establecido un sistema de gestión de estacionamientos que permite a los visitantes saber dónde está disponible un sitio, lo que facilita el tiempo de búsqueda, genera satisfacción del usuario y aumenta la rentabilidad del estacionamiento al optimizar la rotación de plazas disponibles mejorando la fluidez del tránsito de automóviles.

Además, representan un compromiso con el medio ambiente porque, al reducir el tiempo de circulación de vehículos en el estacionamiento, también se reducen los niveles de ruido y emisiones de contaminantes.

Estos sistemas utilizan sensores ultrasónicos que detectan la presencia de vehículos en plazas, indicados visualmente, de acuerdo con el estado de la plaza, cambiando de verde (libre), azul (libres discapacitados) a rojo (ocupado), visible desde larga distancia. Los carteles de señalización LED o TFT informan al usuario de la disponibilidad de espacios libres y los guían hacia ellos, indicando el número de plazas disponibles, así como su ubicación dentro del estacionamiento, gracias a un sistema sinóptico completo con Textos, flechas, diapositivas, imágenes y videos, en tiempo real. (Equinsa Parking, 2018).

Un punto negativo de estos sistemas es una falla en la detección de lugares libres, si un vehículo en la plaza es muy pequeño o está mal estacionado para activar el sensor este no cambia de color indicando un estatus incorrecto, provocando con ello que el usuario crea que el lugar está disponible cuando no es así.



Figura 21: Gestión de estacionamientos ubicados en la plaza Toreo. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.4 Sistemas de información meteorológica en carreteras**

Los sistemas de información meteorológica en carreteras ayudan a recabar información para procesarla y con ello:

- Determinar las temperaturas máximas y mínimas del lugar para el diseño de la mezcla asfáltica que asegure un buen desempeño y durabilidad del pavimento.
- Determinar la precipitación máxima para el diseño del pavimento, así como el bombeo óptimo de la calzada de la carretera.
- Determinar la humedad en el área, lo que puede afectar la compactación de las diferentes capas de la estructura y los cimientos del pavimento.
- Determinar la radiación solar, que afecta a la última capa de pavimento, acelerando su envejecimiento y su rendimiento
- Determinar la intensidad de lluvia para el diseño de las obras de drenaje de caminos.
- Determinar la velocidad del viento, la cual puede utilizarse para el diseño de la señalización vertical e incluso para corroborar datos para el diseño de los puentes.

#### **4.1.5 Control de tránsito**

La Ciudad de México cuenta con la Subsecretaria de Control de Tránsito (2019), que es responsable de identificar y aprobar los operativos para vigilar el cumplimiento, establecer mecanismos de coordinación, colaboración, comunicación cercana y continua con las instituciones bajo su jurisdicción (gobiernos federales, estatales y municipales, así como la ciudad), para garantizar la libre circulación de personas y vehículos en vías públicas.

Entre sus funciones de encuentran:

- a) Planear, coordinar y autorizar dispositivos de carretera para cortar, restringir y regular el tráfico de automóviles en las vías públicas con el fin

de desarrollar eventos sociopolíticos, culturales, deportivos y recreativos, entre otros.

- b) Supervisar la operación y el mantenimiento del sistema de semáforos computarizado y electrónicos, señalización y uso del servicio de circuito cerrado de televisión de la Ciudad de México.
- c) Llevar a cabo estudios y proyectos de ingeniería de tráfico con el objetivo de mejorar las condiciones de movilidad de los peatones y vehículos en la ciudad.
- d) Desarrollar, autorizar y controlar planes y programas de control de tráfico y educación para mejorar las carreteras en respuesta a las demandas de los ciudadanos y para castigar las violaciones de las disposiciones del Reglamento de Tránsito Metropolitano.
- e) Autorizar mecanismos de control y operación del uso de grúas para la remoción de vehículos que impidan o pongan en peligro el movimiento de peatones o carreteras, o que violen las disposiciones del Reglamento de Tránsito Metropolitano.

#### **4.1.6 Señalamiento de mensaje cambiante**

Estos son Dispositivos de Control de Tráfico (SMC por sus siglas) que muestran mensajes usando letras, símbolos o ambos. Se pueden colocar en un lado o en la carretera. El mensaje mostrado puede modificarse a discreción del operador, ya sea operando manualmente la señal local, remotamente, o automáticamente mediante un programa de computadora que responda a las condiciones del tráfico o las condiciones climáticas. Esta clase de señales se utiliza para informar a los usuarios sobre las condiciones cambiantes y con ello mejorar el funcionamiento de la red, reducir los accidentes e informar a los conductores. Las señales pueden sugerir cambios en la velocidad de conducción, carriles, rutas o simplemente advertir sobre cambios en las condiciones de tránsito futuros.

Los SMC pueden reportar congestiones recurrentes, atascos de tráfico no recurrentes, problemas relacionados con el clima en el área, congestión causada por eventos especiales, rutas, límites de velocidad, trabajos de construcción o mantenimiento, etc. Al igual que con otras señales de tráfico, la información proporcionada por el SMC puede ser informativa, de advertencia o restrictiva. La información mostrada en el SMC puede provenir de diferentes fuentes de monitoreo o de vigilancia de las condiciones operativas de la red de tránsito. (Daza, 2002).



Figura 22: Señalamiento de mensaje cambiante en la Ciudad de México. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.7 Pagos electrónicos de peaje**

Mejor conocido como TELEPEAJE, los conductores pueden pagar sus cuotas automáticamente y con un proceso claro para el usuario. El sistema de cobro consiste en tarjetas inteligentes que contienen información sobre el usuario y su vehículo. El cobro es a través de lectores RFID o radiofaros instalados en la infraestructura vial o en casetas y que envían la transacción a la cuenta del usuario y proveedor.

El proceso es el siguiente, el usuario adquiere la tarjeta inteligente y proporciona datos sobre el vehículo y la cuenta a la que se va a cobrar el peaje. Una vez que realiza el viaje y pasa por algún lector, el costo se transferirá a la cuenta proporcionada y el usuario deberá realizar un pago que puede ser de prepago o postpago. Posteriormente se realiza la operación necesaria para el pago a bancos o instituciones relacionadas con la transferencia del pago. (Chávez P. S., 2014).

En la Ciudad de México se utiliza un TAG electrónico llamado PASE<sup>59</sup> que es la primera marca en México que ofrece un método de pago electrónico para carreteras, autopistas urbanas y aparcamientos, así como medio de control en patios de servicio y centros de transferencia modal.



Figura 23: TAG electrónico y entradas usadas para usar el ingreso al segundo piso del periférico. Fuente: RadioShack. Tomado de: <https://www.radioshack.com.mx/store/>

PASE cuenta con los principales modelos de operación del telepeaje nacional, el mayor número de alianzas con el sistema bancario y la red de venta y recarga de TAG con mayor presencia en el país.

#### 4.1.8 Tarjeta inteligente

Las tarjetas inteligentes son una forma de mejorar los tiempos de acceso a diferentes sistemas de transporte. El más conocido es el Metrobús por ser el primero en implementarlo al 100% en todas las estaciones, en cambio, en el metro es opcional (obligatorio en la línea 12) y todavía se maneja por medio de un operador, cosa que no ocurre en el Metrobús pues depende de máquinas expendedoras. La tarjeta multiusos puede ser utilizada en el Metro, Metrobús y Tren ligero, dejando por otra parte el tren suburbano, el cual tiene su propia tarjeta. (Chávez P. S., 2014).



Figura 24: Tarjeta electrónica utilizada como pago en Metro, Metrobús, o Tren Ligero. Fuente: Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros Metrobús. Tomado de: [http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/tarifa\\_pago.html](http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/tarifa_pago.html).

<sup>59</sup> <https://www.pase.com.mx/>

#### **4.1.9 Fotocívicas**

Es un programa del gobierno de la ciudad que reemplaza el antiguo sistema de fotomultas y entró en vigencia el 22 de abril de 2019. Su objetivo es generar cambios en el comportamiento de quienes conducen por la ciudad. El nuevo sistema no elimina las tecnologías de cámara y radar, pero mejora su implementación para cubrir puntos y secciones con una mayor incidencia de accidentes de carretera que causan muertes y lesiones. El nuevo sistema es transparente, no se recopila, es justo, ya que todos pueden cumplir con sus sanciones, independientemente de su nivel de ingresos. Se centra en la conciencia y la educación en seguridad vial, en lugar de un enfoque punitivo y orientado a la recaudación.

Su funcionamiento es el siguiente

- Cada placa de vehículo particular en la Ciudad de México contará con 10 puntos iniciales cada ciclo de verificación vehicular (cada 6 meses).
- Cada infracción registrada por los sistemas de cámaras y radares restará un punto, con excepción de las infracciones por exceso de velocidad en más de 40% sobre el límite de velocidad establecido, que restarán 5 puntos.
- A cada punto perdido corresponde una sanción cívica, que deberá ser cumplida por el usuario de manera obligatoria para poder hacer su verificación vehicular.



# FUNCIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA DE SANCIONES CÍVICAS

TODAS LAS PLACAS TIENEN **10 PUNTOS** INICIALES

Y PIERDEN

**1 PUNTO** POR CADA INFRACCIÓN

**5 PUNTOS** POR EXCEDER MÁS DE 40% EL LÍMITE DE VELOCIDAD



GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE MOVILIDAD

Compártenos tu experiencia vía

@CDMX\_Semovi

PUNTOS RESTANTES	SANCIONES	¿QUÉ TIENES QUE HACER?
------------------	-----------	------------------------

<b>9</b>	AMONESTACIÓN I	ESPERAR HASTA LA PRÓXIMA VERIFICACIÓN Y NO COMETER MÁS INFRACCIONES
<b>8</b>	AMONESTACIÓN II	

**SOLO PODRÁS VERIFICAR SI:**

<b>7</b>	CURSO EN LÍNEA BÁSICO	CONCLUISTE CON EL CURSO I
<b>6</b>	CURSO EN LÍNEA INTERMEDIO	CONCLUISTE CON LOS CURSOS I Y II
<b>5</b>	SENSIBILIZACIÓN PRESENCIAL	CONCLUISTE CON CURSOS I, II Y LA SENSIBILIZACIÓN
<b>4</b>	2 HORAS TRABAJO COMUNITARIO	CONCLUISTE CON LOS 3 CURSOS Y 2 HORAS DE TRABAJO
<b>3</b>	2 HORAS TRABAJO COMUNITARIO	CONCLUISTE CON LOS 3 CURSOS Y 4 HORAS DE TRABAJO
<b>2</b>	2 HORAS TRABAJO COMUNITARIO	CONCLUISTE CON LOS 3 CURSOS Y 6 HORAS DE TRABAJO
<b>1</b>	2 HORAS TRABAJO COMUNITARIO	CONCLUISTE CON LOS 3 CURSOS Y 8 HORAS DE TRABAJO
<b>0</b>	2 HORAS TRABAJO COMUNITARIO	CONCLUISTE CON LOS 3 CURSOS Y 10 HORAS DE TRABAJO

**LOS AUTOMOVILISTAS QUE NO TENGAN INFRACCIONES RECIBIRÁN RECONOCIMIENTO**

Figura 25: Funcionamiento del sistema de fotocívicas. Fuente: Secretaría de Movilidad SEMOVI. Obtenido de: <https://semovi.cdmx.gob.mx/blog/post/conoce-todo-sobre-las-fotocivicas>.



#### 4.1.10 Información en tiempo real del estado del sistema de transporte público

El Metrobús es por ahora el único transporte que te permite saber el horario de espera y de arribo de los autobuses en cada una de sus estaciones, pues el servicio es programado y controlado (la línea 1 del metro implemento en el año 2019 pantallas que dan a conocer esta información en las estaciones: Pino Suárez, Candelaria y Merced). Cuenta con un sistema de peaje automatizado por medio de tarjetas inteligentes, y un sistema de control central gestiona la ubicación y programación de autobuses además posee un carril confinado que permite el libre tránsito a los autobuses articulados y biarticulados, realizando un traslado rápido y más seguro.

También existen aplicaciones como Moovit que ofrece información en tiempo real sobre la ubicación del transporte público. Se trata de una app social, es decir, se alimenta de la información que le dan sus usuarios algo similar a lo que



Figura 26: Aplicación Moovit. Fuente: Sitio oficial Moovit. Obtenido de: <https://moovitapp.com/>.

hace Waze, para arrojar datos detallados sobre el Metro, tren Suburbano, Tren Ligero, M1 (RTP) y Metrobús.

#### 4.1.11 Sistemas de anticolidión en intersecciones

Los sistemas de prevención de colisiones más desarrollados hasta la fecha son una continuación de los llamados sistemas de detección y alerta de colisión, es decir, sistemas en los que los vehículos que utilizan diferentes tecnologías son capaces de reconocer situaciones en las que se producirá una colisión inevitable, dando aviso al conductor para que realice la maniobra de frenado adecuada. El avance es que, si el conductor no realiza ninguna maniobra de escape, es el propio vehículo el que controla el sistema de frenado ejerciendo un frenado intenso para evitar o al menos mitigar la colisión, cuando esta es inminente. (Cisneros, 2009).



Tal vez sea una tecnología que ha estado en el mercado durante algunos años y que algunos de los vehículos que transitan por la ciudad puede poseer, según Sipse (2017), en México se venden los vehículos más seguros y aunque estos sistemas de seguridad aumentan el costo del vehículo, su utilidad es enorme y puede salvar la vida de los conductores.



Figura 27: Autos con sistemas anticollisión. Fuente: Xataka. Obtenido de: <https://www.xataka.com/automovil/antes-de-ponerte-delante-del-sistema-de-frenado-autonomo-de-tu-coche-asegurate-de-como-funciona>.

#### 4.1.12 Parquímetros

El Gobierno de la Ciudad de México ha establecido un sistema de parquímetros a través de la autoridad del espacio público, el Departamento de Desarrollo Urbano y Vivienda. También cuenta con el apoyo de la Secretaría de Movilidad y de las delegaciones correspondientes. (Capital, 2017).

El sistema de parquímetros se llama "ecoParq" y es un programa de estacionamiento público. Esta es una de las estrategias de plan verde de la ciudad.

El costo de los parquímetros es de dos pesos cada 15 minutos y el pago mínimo es de seis horas. El horario de apertura es de 8 a 20 horas de lunes a viernes. Excepto zonas de larga duración como Polanco y Roma-Condesa con un horario de domingo a miércoles de 8 horas a 20 horas y de miércoles a sábado de 8 horas a 13 horas.

En la Ciudad de México, hay tres aplicaciones de descargar gratis en el teléfono celular para realizar el pago de los parquímetros:

- **Mueve Ciudad** aplica para las colonias Polanco, Anzures, Lomas, Florida y Roma-Condesa.
- **Parquímetro Parkum** es para las colonias Nápoles, Ampliación Nápoles y Ciudad de los Deportes.

- **iParkMe** para pago de parquímetros en las colonias Nochebuena, Extremadura Insurgentes, Insurgentes Mixcoac, San José Insurgentes y Crédito Constructor.



Figura 28: Aplicaciones para el pago de parquímetros por zonas en la Ciudad de México. Fuente: Sitios oficiales, mueve tu ciudad, lparker, Parkum, obtenido de: [www.mueveciudad.com](http://www.mueveciudad.com), [www.iparkme.com](http://www.iparkme.com), [parkum.mx](http://parkum.mx).

#### 4.1.13 Sistema Tecnológico de Videovigilancia STVs

El Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contactos Ciudadanos de CDMX (C5) es la agencia gubernamental en la Ciudad de México encargada de recopilar información completa para la toma de decisiones de seguridad pública, emergencias médicas y medios de comunicación, el entorno de la ciudad, la protección civil, la movilidad y los servicios comunitarios a través de video vigilancia, de la captación de llamadas telefónicas y de aplicaciones informáticas de inteligencia, enfocadas en mejorar la calidad de vida de los capitalinos.

El C5 opera y monitorea más de 15,000 cámaras de vigilancia que existen en la Ciudad de México (Sistema de Tecnología de Video Vigilancia STV), así como las 6,000 cámaras instaladas en el Sistema de Transporte Colectivo Metro, con el fin de prevenir y alertar de inmediato a las autoridades de seguridad y de emergencia ante cualquier situación de riesgo.

Para fortalecer y desarrollar sus servicios, así como el nivel de calidad de la atención de los ciudadanos, el gobierno de México decidió, el 23 de diciembre de 2015, anexar LOCATEL al CAEPCCM para conformar el Centro de Comando, Control,

Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la Ciudad de México “C5”, quien actualmente ofrece los servicios de:

- Video Monitoreo
- Servicio de Atención de Llamadas de emergencia 9-1-1 CDMX
- Denuncia Anónima 089
- LOCATEL 5658 1111

Todos los servicios del C5 operan las 24 horas, los 365 días del año.

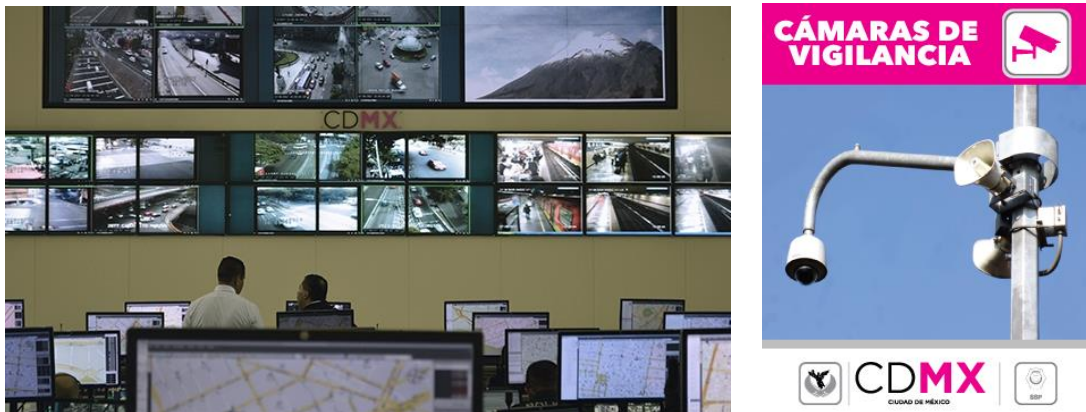


Figura 29: Video vigilancia a través de cámaras estratégicamente distribuidas en la CDMX. Fuente: Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano de la Ciudad de México. Obtenido de: <https://www.c5.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de/el-c5->.

## 4.2 La implementación de estas medidas tecnológicas

A lo largo de los años, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte ha estado trabajando en la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías que permitirán que la ciudad y el país tengan mejores servicios de transporte. Esta tecnología ha aprovechado los avances en ciencia y tecnología para guiar innovaciones previsibles y emergentes que apuntan a hacer que la operación del vehículo sea económica, limpia, rápida, eficiente y segura.

En una prospectiva de 2025, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2001) afirmó que sería capaz de evaluar, asimilar y adaptar las tecnologías resultantes para convertirse en una realidad cotidiana. La incorporación de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en los sistemas de transporte en los últimos años ha dado lugar al concepto de Sistemas Inteligentes de Transporte. Por lo tanto, se espera que, a través de su aplicación a vehículos, rutas e interfaces con

operadores y usuarios, se formen sistemas que, entre otros beneficios, reducirán los costos operativos generales; lo que generará entre tres y cinco veces la inversión inicial sin necesidad de construir nuevas infraestructuras.

En México, la introducción de estas tecnologías se llevaría a cabo gradualmente a medida que aumenta la complejidad del sistema vial nacional y, como resultado, la necesidad de instrumentos nuevos y mejorados para su gestión y administración.

Dado al hecho anterior, tanto el país como la ciudad comenzaron a buscar formas de mejorar el transporte público y privado. Ya que la Ciudad de México es una de las más pobladas del mundo, la inversión realizada en la búsqueda de mejoras fue correcta.

### **Conclusiones del capítulo**

A lo largo de los años, el Gobierno de la capital, en colaboración con otras instituciones, ha mejorado los servicios de transporte que les brinda a sus ciudadanos, y ha creado una medida para mejorar las carreteras y su circulación. Con ayuda de los Sistemas Inteligentes de Transporte que habían sido contemplados por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte a finales del año 2001 se han modificado y se han optimizando de manera considerable las formas en la que los pasajeros realizan sus viajes, por ejemplo, debido al carril confinado que utiliza el Metrobús este servicio posee una ventaja en situaciones como conglomeraciones causadas por horas pico, por algún incidente vial o por algún percance en la carretera, esto sin duda contribuye a brindar un buen servicio a usuarios. Por otro lado, las tarjetas inteligentes ayudan a que el acceso a las estaciones sea más sencillo, además, el tiempo de vida es mayor y se evita la reimpresión de boletos. Por su parte algunas tiendas de autoservicio han comenzado a mejorar sus estacionamientos a través de la gestión de los mismos haciendo uso de sensores de ultrasonido que pueden mostrar si una plaza de estacionamiento se encuentra libre para su uso, reduciendo con esto los tiempos de búsqueda por parte de los usuarios y a la vez ayuda a minimizar las emisiones contaminantes de los vehículos. Existen progresos en la infraestructura para la operación; sin embargo, todo esto no es suficiente.

## CAPÍTULO 5. LA PERTINENCIA DEL USO DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

### 5.1 Vehículos autónomos

Como se menciona al inicio de este trabajo de tesis, los vehículos autónomos son automóviles preparados para imitar las capacidades humanas de manejo y control, percibiendo el medio que le rodea y desplazándose en consecuencia. Es decir, un coche en el que el *piloto* (que ya no posee la función de conductor) solo tiene que introducir la dirección destino y despreocuparse de todo lo demás.

El origen de los coches autónomos es mucho más remoto de lo que se suele pensar. Desde los años 40 se han estado realizando pruebas de guiado de vehículos embebiendo dentro del asfalto materiales que podían ser detectados y seguidos. De ahí se ha pasado a la detección de obstáculos vía radar (en los años 80). En la actualidad la tecnología es un complejo conjunto de tecnologías que incluyen el reconocimiento de movimiento por cámaras y los sistemas de detección láser. (AutoBild, 2015).

Según el autor Barredo (2017) las tareas principales que un vehículo autónomo puede desempeñar o resolver son:

- Ubicación: un coche autónomo siempre debe saber dónde está.
- Escena: debe poder controlar todo el entorno que rodea el automóvil, objetos, personas, otros vehículos, etc.
- Movimiento: la función principal es poder llevarnos del punto A al punto B.
- Estado del controlador: debe poder saber en qué estado se encuentra el conductor, si está dormido, si está leyendo, etc.

Básicamente, se puede decir que un vehículo autónomo es una computadora de cuatro ruedas y una cabina donde van los viajeros y el conductor. Dentro de este sector, existen diferentes niveles de autonomía, desde el automóvil que todos conocemos hasta el automóvil capaz de viajes largos, o incluso realizar el repostando<sup>60</sup> de forma autónoma.

---

<sup>60</sup> Carga de energía.

### 5.1.1 Niveles de autonomía

Por su parte la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras NHTSA (2018) explica que existen diferentes niveles de autonomía en los vehículos y estos están clasificados en seis tipos.

*Nivel 0*, Sin automatización: el conductor realiza todas las tareas de conducción.

*Nivel 1*, Asistencia al conductor: el vehículo es controlado por el conductor, pero ciertas funciones de asistencia a la conducción pueden incluirse en el diseño del vehículo. El vehículo a veces puede ayudar al conductor con la dirección o el frenado / aceleración, pero no puede ayudar con ambos simultáneamente. Este nivel se apoya en sensores como ultrasonidos y cámaras.

*Nivel 2*, Automatización parcial: el vehículo está equipado con funciones combinadas automatizadas, como la aceleración y la dirección, pero el conductor debe seguir involucrado en la tarea de manejo y monitorear el ambiente en todo momento. En el vehículo, puede controlar simultáneamente la dirección y el frenado / aceleración en ciertas circunstancias. El conductor debe seguir prestando mucha atención ("controlar el entorno de conducción") en todo momento y realizar el resto de la tarea de conducción.

*Nivel 3*, Automatización condicional (autopistas y autovías): el conductor es una necesidad, pero no tiene que monitorizar el entorno. El conductor debe estar listo para tomar el control del vehículo en todo momento con previo aviso.

Este nivel implica que el coche autónomo se puede mantener dentro de un carril sin la asistencia del conductor. Además, puede mantener o reducir la velocidad y un apartado extra que es el aparcado automático. Hasta este nivel es fácil encontrar en el mercado diferentes modelos de coche autónomo de varias marcas.

*Nivel 4*, Alta automatización: el vehículo es capaz de realizar todas las operaciones de manejo bajo ciertas condiciones. El conductor puede tener la oportunidad de controlar el vehículo. Actualmente se está trabajando a este nivel. el vehículo, puede realizar todas las tareas del manejo y monitorizar su entorno, esencialmente, hacer

toda la conducción *en ciertas circunstancias*. El conductor humano no debe prestar atención en esas condiciones.

El ejemplo más claro es aquel en el que llegamos a cualquier sitio y el vehículo es capaz de buscar aparcamiento por sí solo. Prácticamente puede hacer de todo y entiende las señales, reconoce los demás vehículos que circulan y se comunica con otros sistemas para conocer mejor el entorno en el que se mueve.

*Nivel 5*, Automatización completa: el vehículo es capaz de realizar todas las funciones de conducción en todas las condiciones. El conductor puede tener la opción de controlar el vehículo.

El vehículo puede realizar todas las tareas de conducción en cualquier circunstancia. Los ocupantes humanos solo son pasajeros y no deben involucrarse en la conducción.

Los dos últimos niveles, el 4 y el 5, pueden clasificarse en completa autonomía. La diferencia entre ellos es que, en el nivel 5, el automóvil puede repostar de manera independiente y puede circular en cualquier clima.

### **5.1.2 El hardware dentro de un vehículo autónomo**

En general, se puede decir que un vehículo totalmente autónomo es un vehículo que se maneja en cualquier situación de tráfico sin la intervención de un individuo, ya sea dentro o fuera del vehículo.

Para el desarrollo de vehículos autónomos, las acciones iniciales tuvieron como objetivo modificar las tareas de los principales actores del sistema, como el acelerador, los frenos y el volante. Por un lado, el sistema de reconocimiento del vehículo debe proporcionar a la computadora de control toda la información que requiera la modificación de la dirección del vehículo. Por otro lado, en la conducción autónoma, el acelerador es controlado por una señal analógica que indica la presión ejercida sobre el pedal. Finalmente, como se esperaba, el sistema de frenos es uno de los más importantes, en la medida en que debe permitir detener el automóvil en caso de falla de uno de los otros sistemas autónomos del vehículo.

Gracias a la acción de los tres sistemas mencionados (aselador, freno y volante), el vehículo puede cumplir las funciones básicas relevantes permitiendo la adición de otros sistemas de asistencia a la conducción, lo que hace que el vehículo actúe en situaciones peligrosas y teniendo un manejo de: la velocidad, proximidad a otros vehículos o señalización horizontal. Pero para hacer todo esto, el vehículo autónomo debe captar el entorno al que debe responder con seguridad. Es por ello que se utilizan los sistemas descritos a continuación. (Montoro González, Martí-Belda Bertolín, Lijarcio, Bosó, & López, 2017).

- **GPS:** Permiten determinar la posición del vehículo en cualquier punto del planeta, con una precisión de centímetros. Actualmente funcionan mediante una red de satélites que utilizan métodos matemáticos para determinar las posiciones relativas de objetos usando la geometría de triángulos, también conocido como *trilateración*.
- **Sensores ultrasónicos:** Se utiliza para detectar obstáculos en el entorno del vehículo. Inicialmente, estos sistemas tenían una función para evitar colisiones. De hecho, se utilizan más comúnmente en los sistemas de asistencia de estacionamiento.

Actualmente, se utilizan para complementar la información de otros sensores utilizados para la percepción del vehículo.

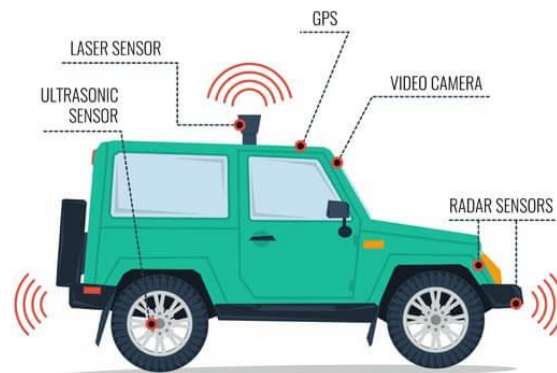


Figura 30: Sistemas incluidos en vehículos autónomos. Fuente: Programar fácil. Obtenido de: <https://programarfacil.com/podcast/coche-autonomo-estado-del-arte/>.

- **Radar:** se han instalado sistemas de radar en vehículos para captar la morfología del entorno, detectar distancias y obstáculos y evitar posibles colisiones alertando al conductor.
- **LIDAR (Light Detection and Ranging):** mide la distancia entre el transmisor láser y el objeto mediante un rayo láser pulsado. Al medir el tiempo de



demora entre la emisión del pulso y su detección, es posible determinar la distancia a los obstáculos. Normalmente, estos dispositivos están acoplados a la parte superior del vehículo, lo que permite una vista de 360 grados de lo que está sucediendo en el entorno más cercano. El coche, gracias a este sistema, es capaz de realizar una cartografía 3D de su entorno. Cada píxel que compone estos sensores LIDAR es capaz de recolectar 44 muestras por cada pulso, el valor generalmente está entre 20 y 30.

- *Dispositivos de conexión inalámbrica:* conecta mediante ondas electromagnéticas todos los dispositivos que se encuentren en el rango de alcance que el instrumento emisor posea. El rango de acción de este sistema inalámbrico no debería superar los 80 metros, de lo contrario no se podrá evitar el exceso de canales de comunicación abiertos. Es muy probable que para cuando se pueda crear un sistema de conexión a tiempo real en el sistema de tráfico, las redes de quinta generación (5G), que son hasta cuatro veces más rápidas que las actuales, sean las utilizadas por este tipo de vehículos. De ello se hablará en apartados posteriores.
- *Sistema antibloqueo de frenos (ABS):* es un sistema de frenado que evita el bloqueo en frenados de emergencia, evitando de este modo que se pierda adherencia y estabilidad.
- *Control de tracción (TCS, ASR):* previene la pérdida de adherencia de las ruedas y que éstas patinen cuando el conductor se excede en la aceleración del vehículo o el firme está muy deslizante.
- *Control de estabilidad (ESP, VDC, DSC, ESC, VSC):* detecta si hay riesgo de derrape, interviene frenando individualmente las ruedas y reduce la potencia del motor para restaurar la estabilidad del vehículo.
- *Reparto electrónico de frenado (EBV, EBD):* A diferencia del ABS, este sistema reparte de forma electrónica la fuerza de frenado entre ejes, y no individualmente a cada rueda. Determina cuánta fuerza hay que aplicar a cada rueda para detener el vehículo en una distancia mínima y sin que se des controle. Ayuda a que el freno de una rueda no se sobrecargue y que el de la otra quede infrutilizado.

- *Control de velocidad de crucero adaptativo*: este sistema utiliza un radar o una cámara de vídeo para reconocer el vehículo que nos precede y medir la distancia que hay hasta él. El sistema mantiene constante la velocidad de crucero que el conductor ha programado y a la vez mantiene la distancia de seguridad adecuada, acelerando o frenado lo que sea necesario en cada momento.
- *Sistema de dirección eléctrica asistida (EPS)*: con los sensores se pueden registrar el movimiento del conductor en el volante, la velocidad del automóvil y la velocidad del motor. Y con base a estos parámetros, una unidad de control eléctrico calcula inmediatamente la asistencia requerida. Este sistema aumenta el control de la dirección cuando se conduce a alta velocidad y facilita las maniobras de estacionamiento a baja velocidad.
- *Sistema pre-colisión (PCS)*: este sistema reconoce situaciones de accidente inevitables y prepara tanto el vehículo como a los pasajeros para reducir los perjuicios, por ejemplo, inicia los pretensores de los cinturones de seguridad o ajusta las posiciones de los asientos. También existe una versión más avanzada que notifica al conductor del peligro de colisión mediante una señal sonora y un aviso en la pantalla, si el conductor no reacciona pone en marcha el asistente de frenado de emergencia y aplica los frenos automáticamente para reducir la velocidad de impacto.
- *Detector de punto muerto (BLIS, BSM, LCA)*: los sensores pueden detectar vehículos que se acerquen por detrás o por los costados y que se encuentran en un ángulo de visibilidad reducida del conductor, anunciándole su proximidad. En caso de un cambio de carril con peligro inminente de colisión, el sistema crea una señal para indicar al conductor y prevenir el impacto. De esta forma el punto o ángulo muerto pierde su peligro, pero sigue siendo indispensable girar y mirar hacia atrás.
- *Sistema de frenado de emergencia automática (NBS, AEBS)*: se basa en un regulador de distancia que ayuda a prevenir colisiones por alcance o, en su defecto, disminuir la velocidad de impacto y reducir la gravedad del siniestro.

- *Aviso de salida de carril (LDW, LKS):* estos sistemas pueden advertir al conductor que va a cruzar una línea longitudinal de demarcación de pavimento cuando circula por carreteras secundarias y por autopistas y autovías, es decir, fuera de las zonas urbanas.
- *Asistente de mantenimiento en el carril (LKA):* es un sistema inteligente que ayuda al conductor a guiar su coche y garantizar que no se salga del carril de manera involuntaria. Sujeto a las condiciones atmosféricas y al estado de la carretera, la LKA supervisa las líneas blancas de la calzada a través de una cámara estéreo. Este sistema incluye la función de Aviso de salida del carril (LDW).
- *Asistente para atascos de tráfico:* este sistema combina el asistente para el mantenimiento en la vía, el de frenado de emergencia y el control de velocidad. Haciendo uso de ellos, en caso de un embotellamiento, el auto puede continuar por sí mismo, conservando la velocidad según sea posible, manteniendo la distancia, frenando, deteniéndose, volviendo a acelerar y manteniendo el vehículo en el carril, sin la intervención del conductor.
- *Asistente de visión nocturna:* el sistema vigila la carretera mediante una o varias cámaras de infrarrojos y proyecta la imagen captada delante del vehículo en una pantalla, brindando imágenes electrónicas claras de personas y animales ante un fondo de alto contraste. El asistente de visión nocturna también funciona en el caso de que se acerquen vehículos en sentido contrario deslumbrando a los demás usuarios. Más efectivos aún son los nuevos dispositivos que proyectan con un haz de luz pulsada a través de los faros una imagen activa del campo delantero y lateral del vehículo.
- *Head-up-Display (HUD):* Sistema de visualización que proyecta la información vial directamente al campo de visión del conductor. Con este sistema el conductor no necesita apartar la mirada de la carretera para informarse sobre la velocidad permitida, la señalización de la carretera, sobre la detección de peatones o ciclistas, aumentando de esta manera el tiempo de reacción ante posibles peligros.

- *Detector de peatones con frenado de emergencia:* es capaz de detectar la presencia de una persona frente al vehículo, si el piloto no responde el vehículo informa y activa los frenos. Mediante un radar en el vehículo, una cámara en espejo retrovisor interno y una unidad de control el sistema detecta a la persona situada frente al vehículo a la vez que calcula la distancia entre ambos actores.
- *Sistemas de iluminación adaptativa (AFL, AFS):* A partir de nuevas configuraciones automáticas, los sistemas brindan una iluminación óptima de acuerdo con la velocidad, el ambiente y el diseño de la autopista, sin molestar a quien se acerca en sentido contrario. Existen sistemas que permiten a los faros seguir de forma automática el trazado de la curva.
- *Sistemas de aparcamiento automático:* apoyado de sensores que miden la distancia entre el vehículo, otros coches u obstáculos, el sistema se encarga de manejar la dirección, aceleración, frenado y todo lo necesario para realizar un exitoso aparcamiento.
- *Sistemas de advertencia de fatiga (AA, DA):* el sistema examina periódicamente el comportamiento del conductor a través de sensores y algoritmos de evaluación de datos, señales de disminución de concentración, fatiga, maniobras bruscas o una menor frecuencia de parpadeo. El sistema combina la forma y frecuencia de dichas reacciones con otros datos como la velocidad, la duración del desplazamiento o la hora del día y deduce el grado de fatiga. Si el sistema detecta el cansancio del conductor, le avisa mediante una señal visual y/o acústica y le recomienda descansar.
- *Sistema inteligente de información al conductor (IDIS):* este sistema registra continuamente la actividad del conductor y es capaz de retrasar la entrada de mensajes de texto y llamadas cuando las circunstancias de conducción no son adecuadas y puede haber riesgo de accidente. De esta manera se reduce la distracción del conductor.
- *Sistema de reconocimiento de señales de tráfico:* detecta límites de velocidad, prohibiciones de rebasamientos y el termino de las señales. En el futuro será posible detectar otras indicaciones de tráfico. Gracias a este

sistema el conductor está continuamente informado de los límites de velocidad de la carretera por la que circula.

- *Reconocimiento de voz:* este reconoce un número determinado de vocablos que permiten al piloto dar órdenes por voz, como realizar llamadas telefónicas, dictar mensajes de texto, regular la calefacción, etc. Los sistemas de reconocimiento de voz tienen como objetivo evitar al máximo las distracciones de conductor.

### **5.1.2 Etapas de la arquitectura de vehículos autónomos**

A continuación, se explica cómo trabaja y se desenvuelven cada una de las fases:

Para el control autónomo de vehículos existen tres etapas bien definidas en la literatura: percepción, decisión y actuación (Naranjo, 2005). Éstas tienen el objetivo de separar los problemas de procesamiento de la información sensorial, de control en maniobras cooperativas y de definición de las rutas optimas, respectivamente, con el objetivo de disminuir los posibles conflictos entre tareas. (Rastelli, 2012).

- *La etapa de percepción:* es la encargada de recibir la información resultante del entorno a través de diferentes sensores y comunicaciones. En esta etapa se leen las tramas del sensor principal: el DGPS. Además, se puede utilizar la posición obtenida de la unidad inercial (IMU) cuando la señal del DGPS falla.

En algunos vehículos se han instalado cámaras de visión o LIDARS para la localización y detección de obstáculos, vehículos, señales de tráfico y peatones. El bus CAN<sup>61</sup> del vehículo se utiliza para leer la velocidad y la aceleración, y en algunos casos la posición del volante. Las comunicaciones utilizadas están basadas en el estándar de comunicación IEEE 802.11b/g. Otros sensores utilizados en los vehículos han sido los Zigbee<sup>62</sup> para la comunicación con señales de tráfico y situaciones de riesgo. Finalmente, y como parte de los requisitos para participar en

---

<sup>61</sup> Es un protocolo de comunicaciones desarrollado por la firma alemana Robert Bosch GmbH, basado en una topología bus para la transmisión de mensajes en entornos distribuidos.

<sup>62</sup> Conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo.

el GCDC<sup>63</sup> se han habilitado las entradas de los módulos analógicos para poder detectar, a través de los sensores de fábrica del vehículo, la posición de los pedales de acelerador y freno. (Rastelli, 2012).

- *La etapa de decisión:* en ella se puntualizan, la gestión, planificación, coordinación, y la nueva creación de mapas a través de curvas paramétricas, los controladores de alto nivel y los algoritmos de decisión definidos en función de las acciones que se encuentre realizando el vehículo.
- *La etapa de acción:* está dividida en dos subetapas: control lateral y control longitudinal. La primera es un sistema de actuación para la dirección, mientras que la segunda se encarga de actuar sobre los pedales del vehículo. Esta etapa define los valores de salida para cada uno de estos actuadores que se llevan a cada módulo externo de control.

### **5.1.3 El software de un vehículo autónomo**

Como ya hemos mencionado, los vehículos autónomos utilizan principalmente la inteligencia artificial, en particular hacen uso del Deep Learning o *aprendizaje profundo*, que a su vez utiliza una red neuronal. Esta red maneja todos los datos que el vehículo recibe a través de los dispositivos que contiene (explicados en el subtema anterior), lo que le permite aprender del entorno de cada uno de los eventos y acciones que pueden ocurrir durante un viaje. En resumen, cuando recopila experiencias de los datos generados, puede obtener deducciones para tomar una decisión correcta en su trayectoria.

#### **5.1.3.1 El uso del Deep Learning en los vehículos autónomos**

El aprendizaje profundo o Deep Learning desempeña un papel fundamental en los vehículos autónomos ya que permite a los ingenieros de software construir un vehículo que puede pensar por sí mismo y que no requiere la intervención humana.

KPMG International (Silberg, y otros, 2016) mencionó en uno de sus artículos que los sistemas de aprendizaje profundo para vehículos funcionan en el nivel de flota<sup>64</sup>,

---

<sup>63</sup> Grand Cooperative Driving Challenge

<sup>64</sup> Conjunto de automóviles de los que dispone una empresa.

obteniendo como resultado que los sistemas de aprendizaje de los vehículos estén conectados entre sí, lo que les permite recopilar y analizar información sobre los millones de kilómetros recorridos por cada vehículo que pertenece a la flota. El sistema se capacita inicialmente en un laboratorio o en un centro de datos y examinado a través de pruebas de camino mediante miles de horas de video y observando a miles de millones de controladores de pruebas humanas. Una vez que se desarrolla una red neuronal segura y confiable, esta se coloca en los automóviles. El beneficio, es la sabiduría colectiva obtenida de todos los kilómetros transitados que han recorrido antes los vehículos, en lugar de la inexperiencia de un nuevo conductor.

Cada vez que un vehículo de la flota encuentra algo nuevo, un área de construcción no mapeada o cartografiada, un nuevo comportamiento de conducción, una acción de otro automovilista o peatón, o un animal inesperado en su programa de conducción, introduce esa nueva experiencia al sistema de aprendizaje profundo de la flota. El sistema de aprendizaje profundo captura y analiza cientos de millones y, en última instancia, miles de millones de kilómetros; a medida que aprende, prueba y valida la nueva red neuronal, las actualizaciones del programa de manejo se liberan a todos los vehículos de la flota logrando con ello que todos adquieran el mismo conocimiento.

En este mismo artículo se menciona como esta clase de vehículos ve, piensa, conduce y si es necesario aprende y mejora. De la misma manera, explica que es durante la etapa de *aprender* donde el Deep Learning es esencial para que el vehículo tenga total autonomía. (Silberg, y otros, I see, I think, I drive. (I learn) How deep learning is revolutionig the way we interact with our cars, 2016) .

#### *5.1.3.1.1 Cómo los vehículos perciben el entorno.*

*Ver:* esta función se basa en la recopilación de datos en tiempo real a través de los sensores del automóvil, como cámaras, LIDAR (imágenes de luz, detección y alcance), ultrasonido y radar; y mapas detallados, rutas y otra información ambiental transmitida desde la nube, como las condiciones de las carreteras y el tráfico. Y a medida que aumenta la conectividad, los automóviles pueden conectarse con otros

automóviles, teléfonos inteligentes, infraestructura cercana o usar Internet para compartir información.

#### *5.1.3.1.2 Cómo los vehículos fusionan la información recopilada y determinan un curso de acción.*

*Pensar:* es el proceso complejo de generar información recopilada de sensores y otras fuentes para determinar qué es útil y preciso, y con eso, tomar una decisión apropiada. Esto significa que, en una centésima de milisegundo, analiza lo que está sucediendo, determina qué ha cambiado, interpreta la nueva información y compara todos los cursos de acción para tomar una decisión.

#### *5.1.3.1.3 Cómo se mueven los vehículos y envían señales.*

*Conducir:* es la ejecución de las decisiones mediante el envío de señales que el sistema da para dirigir, acelerar y frenar el vehículo. El automóvil responde a las decisiones del sistema, estas pueden ser el ángulo de dirección, la posición del acelerador o del pedal del freno que se deben aplicar para navegar de manera segura en el entorno en el que se encuentre, y el vehículo proporciona constantemente retroalimentación al sistema en función de los resultados, pueden ser: el deslizamiento, suspensión, aceleración, velocidad de guiñada y velocidad.

#### *5.1.3.1.4 Cómo la flota colectiva de vehículos aprende de la experiencia.*

*Aprendizaje:* es la forma esencial y diferenciada de cómo el aprendizaje profundo crea un circuito de retroalimentación para capturar nuevas experiencias y eventos con el fin de analizar y mejorar la inteligencia colectiva de la flota. Con cada nueva experiencia, evento y caso, el aprendizaje profundo aumenta su base de conocimientos y capacidad de toma de decisiones, que luego es probada y distribuida al vehículo para mejorar la fabricación y el rendimiento en el futuro.

Como anteriormente fue mencionado, la mejora de las redes neuronales se logra a través de la alimentación que el vehículo obtiene por medio del hardware que posee. En esto reside la gran importancia de la conectividad entre los vehículos, los dispositivos y objetos que encuentre en el entorno.



## **5.2 Accidentes en la CDMX**

De acuerdo con datos del INEGI, en el año 2017 hubo un total de 21 mil 952 accidentes registrados, de los cuales, 12 mil fueron colisiones entre vehículos de automotor, de estos 1 mil 841 fueron camionetas con pasajeros, 410 microbuses, 796 camiones urbanos de pasajeros, 8 ómnibus y 30 accidentes de tren eléctrico o trolebús.

De las colisiones con peatones (atropellamientos) en el año 2017 se tuvo un total de 827, de estos, 671 fueron causados por automóviles, 14 por camioneta de pasajeros (combis), 27 por microbuses, 34 por camiones urbanos de pasajeros, 1 por ómnibus y 3 por el tren eléctrico o trolebús.

De los accidentes ocurridos con objetos fijos se obtuvo un total de 2,781, en su mayoría causados por automóviles con una suma de 2 mil 178, las camionetas de pasajeros causaron un total de 278, los microbuses 12, y los camiones urbanos de pasajeros 49. Se tuvieron 31 volcaduras causadas por los camiones urbanos.

Hubo 1 mil 756 colisiones de motocicletas, de estos 742 fueron con automóviles, 66 con camiones de pasajeros, 17 con microbuses y 21 con camiones urbanos de pasajeros.

Las colisiones con ciclistas fueron 211, siendo 93 las colisiones con automóviles, 3 con camiones de pasajeros, 3 con microbuses y 1 con camiones urbanos de pasajeros.

Estos accidentes automovilísticos resultaron en el 2017 con un total de 203 y con un total de 2 mil 381 heridos; de estas cifras 188 muertes y 2 mil 229 heridos fueron causadas por el conductor, solo 2 muertes y 12 afectados fueron causados por falla del vehículo. Las colisiones con peatones o atropellamientos tuvieron un total de 115 muertos y 718 heridos, las colisiones con objetos fijos alcanzaron 13 muertes y 16 heridos, la caída de pasajero ocasiono 32 heridos, de las colisiones con motocicletas se tuvo un total de 33 muertes y 353 heridos por último las colisiones con ciclistas ocasionaron 5 muertes y 81 heridos. (INEGI, 2018).

### **5.3 Automotrices y alianzas**

Desde hace varios años las empresas automotrices se han empeñado y dedicado al desarrollo de vehículos que puedan dirigirse y manejarse por sí mismos, entre ellas se encuentran:

#### **General Motors y Honda (GM)**

Ha mostrado un gran interés en el tema de la conducción autónoma, pues en el año 2018 hizo una alianza con Honda Union que le permitió financiar y desarrollar un vehículo autónomo exclusivo para Cruise.

Cruise Automation comenzó siendo una empresa dedicada a la fabricación de sistemas de conducción autónoma para modelos ya existentes, su primer producto fue creado para el Audi A4 llamado *RP-1*, este le permitía una conducción autónoma en la carretera, en el año 2016 Cruise fue adquirido por General Motors.

Siguiendo esa línea GM busca lograr cero colisiones, cero emisiones y cero congestiones viales en los siguientes años. Esto pretende lograrlo desarrollando vehículos autónomos que no cuenten con pedales ni volantes, con automóviles eléctricos con una mayor cantidad de desplazamiento por carga; una forma de movilidad urbana que permita compartir autos de formas distintas (General Motors, 2017).

GM ha explicado que actualmente trabaja para lograr sus objetivos, por ejemplo, ya operan 200 vehículos autónomos en San Francisco, California, para mejorar el tránsito en esa ciudad a través de viajes compartidos.

GM apostará también por movilidad urbana a través de vehículos compartidos en diferentes modalidades. A través de Maven, compañía filial de GM fundada en 2016, se diseñaron tres productos: Maven City, Maven Gig y Maven Gear. El primero permitirá al usuario tomar un auto para rentarlo por hora, día o semanas donde el seguro y la gasolina estarán cubiertos; el segundo es para que el usuario pueda rentar una unidad y la utilice para transportar personas o paquetes, y el último permitirá que los propietarios de un GM, de 2015 en

adelante, puedan compartir sus autos a quienes lo requieran y bajo ciertas condiciones en horarios establecidos por los dueños.

A través de una alianza con Movistar, se anunció que en el mes de febrero de 2019 se lanzó un paquete de datos ilimitados para los usuarios de OnStar<sup>65</sup>, a su vez, este servicio podrá ser incluido en los nuevos vehículos dentro del financiamiento que los clientes escojan.

## **Ford y Walmart**

Ford se unió con Walmart para hacer pruebas en la entrega de combustibles haciendo uso de automóviles sin conductor, este programa se realiza en unión con la startup de entregas Postmates con la finalidad de evaluar la forma como los vehículos de autoconducción pueden entregar muchos de los productos cotidianos, como abarrotes, pañales, comida para mascotas y artículos de cuidado personal. Esta asociación con Walmart pretende poder entender al consumidor y fortalecer los esfuerzos para desplegar con éxito los vehículos autónomos de una manera en la que la gente realmente quiere experimentar, ya sea haciendo pedidos, con comida para llevar, abarrotes o cualquier otra cosa que podrían necesitar. (Ford Media Center, 2018).

Aunque esa no es la primera prueba que realiza esta empresa automotriz, en su blog corporativo Ford (2018) expresa como se unió con Domino's Pizza para realizar las entregas a domicilio, todo con el objetivo de estudiar la reacción de los clientes al interactuar con un vehículo autónomo, pues ambos pretenden entender las perspectivas de los clientes en torno al futuro de la entrega de alimentos a domicilio con vehículos autónomos.

Ford iniciará la producción de sus vehículos autónomos en el año 2021, y se está enfocando en satisfacer las necesidades tanto de las empresas como de los clientes.

---

<sup>65</sup> Es una subsidiaria de General Motors que proporciona comunicaciones basadas en suscripciones, seguridad en el vehículo, servicios de emergencia, llamadas manos libres, navegación paso a paso y sistemas de diagnóstico remoto en los Estados Unidos, Canadá, China, México, Europa, Brasil y Argentina

## Waymo

Waymo, es la unidad de Google dedicada al desarrollo de vehículos autónomos y anunció que instalará en Michigan el centro tradicional del sector del automóvil de EU, la primera planta del mundo dedicada a la producción masiva de vehículos autónomos de nivel L4.

L4 es el nivel en el que el vehículo puede funcionar sin la intervención humana pero no en todas las condiciones de circulación. Waymo dijo que producirá hardware y software para su instalación en los vehículos de fabricantes como Fiat Chrysler (FCA) y Jaguar Land Rover. La unidad de Google también dijo que se ha asociado con el fabricante canadiense de equipamiento del automóvil Magna "para ayudar a integrar el sistema autónomo de Waymo" en su flota de vehículos. Magna ya tiene un programa de desarrollo de vehículos autónomos con la compañía de transporte compartido Lyft para el desarrollo de la tecnología L4.

Por su parte, Waymo mantiene desde hace tres años un acuerdo con FCA para el desarrollo de vehículos autónomos por el que el fabricante de automóviles suministra 1000 unidades de la mini van Chrysler Pacifica a los que se les instala el sistema autónomo de la unidad de Google. Los Pacifica con el sistema de Waymo están siendo utilizados para realizar pruebas en condiciones reales en Phoenix. (John Krafcik, 2019).

Hasta a hora Waymo ha expresado a través de su blog (<https://waymo.com/tech/>) que han sometido su tecnología a la prueba de manejo más larga y dura del mundo. Ahora han manejado más de 10 millones de millas en vías públicas y 7 mil millones de millas en simulación. Son cientos de años de experiencia en conducción humana que benefician a todos los vehículos de nuestra flota. Con cada milla que conducimos, nunca dejamos de aprender.

## Tesla

En el blog oficial de Tesla (2018) se anunció la implementación de la función más avanzada de piloto automático que es precisamente la navegación en ese estado. En esta navegación en un principio será necesario que los conductores confirmen los cambios de carril utilizando el vástago de giro antes de que el automóvil se mueva a un carril adyacente, las versiones futuras de Navigate on Autopilot permitirán a los clientes renunciar al requisito de confirmación si así lo desean. En ambos escenarios, hasta que los reguladores validen y aprueben los autos verdaderamente sin conductor, los conductores son responsables y deben mantener el control de su automóvil en todo momento.

Navigate on Autopilot es una función de guía activa para el piloto automático mejorado que, con la supervisión del conductor, guía a un automóvil desde la rampa de la autopista hasta la rampa de salida, lo que incluye sugerir y hacer cambios de carril, navegar en los intercambios de autopistas y tomar salidas. Está diseñado para facilitar la búsqueda y el seguimiento de la ruta más eficiente hacia su destino en la autopista cuando el piloto automático está en uso. Si bien los conductores siempre deben estar atentos cuando usan el piloto automático, la confirmación de los cambios de carril nos permite asegurarnos de que los conductores prestan atención en el momento exacto en que lo necesitan, y combinados con la redundancia de ocho cámaras externas, sensores de radar y ultrasonidos, proporcionan una capa adicional de seguridad que dos ojos solos no tendrían.

Desde el lanzamiento del piloto automático en 2015, se han utilizado miles de millones de millas de datos de conducción reales para respaldar esta función. Navigate on Autopilot está diseñado exclusivamente para la plataforma Enhanced Autopilot, que incluye una poderosa computadora a bordo, sensores ultrasónicos, radar y cámaras externas que alimentan nuestra red neuronal desarrollada por Tesla. Los algoritmos avanzados de aprendizaje automático permiten que los automóviles recopilen y procesen datos en milisegundos.

## Hyundai

En febrero de 2018 Hyundai se convirtió en el primer fabricante en lograr hacer circular con éxito un vehículo con pila de combustible nivel 4, esta prueba fue realizada en un viaje de 190 kilómetros entre las ciudades de Seúl y Pyeongchang logrando con ello ser el primero en probar la autonomía nivel 4 en distancias tan largas a una velocidad entre 100 y 110 kilómetros por hora.

Esta prueba ha sido realizada con cinco coches diferentes, tres Hyundai Nexso y dos Genesis G80. En los cinco casos, los coches han sido equipados con tecnología de conducción autónoma de nivel 4 y conexiones 5G. Las pruebas se realizaron el pasado dos de febrero, y los coches fueron capaces de incorporarse a la autopista sin problemas y conducir por sí mismos adaptándose al flujo de tráfico. (Cision PR Newswire, 2018).

También está el hecho de que la automotriz haya apostado por los coches de hidrógeno, que compiten con los coches eléctricos por ser la motorización limpia y no tan contaminante del futuro.

Hyundai ya se está preparando para la venta de autos de conducción autónoma de nivel 4; para lograr esto, se ha llegado a un acuerdo con la empresa de tecnología estadounidense Aurora Innovation, con la que desarrollará esta tecnología para comercializar los primeros automóviles de este nivel en 2021. Gracias a esta alianza, Hyundai podrá integrar en sus vehículos los sensores, hardware y software desarrollados por Aurora para este nivel de conducción, con los cuales los vehículos pueden conducir sin intervención humana, o al menos limitar la supervisión a condiciones de conducción particularmente complicadas.

## Lyft

Es un servicio de transporte para viajeros similar a Uber, pero con una filosofía un tanto diferente que opera en Estados Unidos<sup>66</sup>.

---

<sup>66</sup> Para mayor información visite el sitio oficial de Lyft <https://self-driving.lyft.com/>

Lyft comenzó con una prueba gratuita y cerrada en Las Vegas, donde equipó a 30 automóviles BMW con la tecnología de conducción autónoma de Aptiv<sup>67</sup>. Cuatro meses después del inicio de estas pruebas, estos 30 taxis autónomos estaban listos para dar otro paso: ser usados por cualquiera en la ciudad de Las Vegas. (Álvarez, 2018).

A partir del 3 de mayo de 2018, las personas, dentro de la zona del Strip, pudieron sentir lo que es viajar en un taxi que se conduce por él mismo. Lo único que se necesita es tener instalada la aplicación Lyft y solicitar el servicio, donde veremos el tipo de automóvil disponible y si éste cuenta con un conductor automatizado.<sup>68</sup>

Durante cuatro meses, los vehículos autónomos realizaron más de 400 viajes sin ninguna incidencia, por lo que han decidido abrirlo al público en general. El pensamiento primario era tener ocho taxis autónomos durante el CES 2018, pero debido a la demanda y la desorganización que provocó la lluvia, tuvieron que habilitar 15 de estos vehículos en total. Ahora, esta cifra está aumentado a 30 unidades, que están listas para brindar sus servicios en Las Vegas.

Estos vehículos están equipados con LiDARs, radares, GPS diferencial, una cámara trifocal, conectividad V2I para conectarse a señales de tránsito, semáforos, estructuras y edificios. Con todo esto, han sido certificados con el nivel de autonomía SAE 4.

Debemos destacar que esto sigue siendo una prueba, por ello sólo seguirán operando dentro de 20 destinos preprogramados considerados de *alta demanda*, es decir, desde y hacia hoteles, centros turísticos y de espectáculos dentro de la zona del Strip. Según Lyft, la idea es aumentar el número de coches y los destinos durante este año, lo que servirá para seguir recolectando datos y mapear las calles, para así poder mejorar las capacidades de conducción autónoma de estos taxis.

---

<sup>67</sup> Aptiv es una compañía de tecnología global que desarrolla soluciones más seguras, más amigables con el medio ambiente y mejor conectadas que permiten el futuro de la movilidad.

<sup>68</sup> Para mayor información de cómo realizar el registro: <http://level52019.wpengine.com/passengers/>

## **BMW**

En BMW Group, esta transformación digital se materializa en un campus para conducción autónoma inaugurado en abril de 2018 en Unterschleißheim. Aquí se concentran los expertos de todo tipo para llevar a las calles el futuro de la movilidad. (BMW, 2019).

En el centro de la investigación y el desarrollo encontramos una flota compuesta por 40 vehículos de prueba BMW Serie 7 que recorren miles de kilómetros en diversos lugares del mundo, con el fin de dominar las exigencias tan complejas presentes en el camino hacia la etapa de producción en serie. En la actualidad, los vehículos de prueba son capaces de conducir de forma alta o totalmente automatizada, lo que significa asumir el control total del vehículo mientras el conductor puede desviar su atención.

Las pruebas, la programación y la simulación se llevan a cabo en el campus. Antes de pasar a la producción en serie, los coches autónomos recorren alrededor de 240 millones de kilómetros de prueba virtuales y cada día recopilan varios petabytes de información. En este paso, los especialistas evalúan los datos y pueden codificar los resultados directamente. O, dicho de otro modo, los desarrolladores de software se sientan en el vehículo con su computadora y prueban un código que acaban de desarrollar.

El objetivo de BMW es hacer posible la conducción autónoma dentro de una flota de prueba en 2021 y lanzar el primer vehículo de producción BMW altamente automatizado: el BMW iNext. Este vehículo será capaz de conducir de forma totalmente autónoma. (BMW, 2019).

Con la apertura del Campus de Conducción Autónoma, esta información se procesa para la validación, simulación y algoritmos de aprendizaje automático. Es decir, la base para analizar todas las situaciones de conducción imaginables con el fin de garantizar la seguridad de los vehículos sin conductor en carreteras públicas.



En febrero de 2019 se anunció en un comunicado de prensa la unión entre BMW y Daimler AG la matriz de Mercedes Benz. Esta alianza tiene un valor de mil 150 millones de dólares que se dedicará a acelerar el desarrollo de vehículos de este tipo para llevar al público los niveles 3 y 4 de autonomía a mediados de la próxima década, así como una meta de impulsar opciones de movilidad. (Tellez, 2019).

Esta alianza generará cinco empresas que serán manejadas por ambas marcas de lujo. La primera de ellas, es Reach Now, que se dedicará a servicios multimodales. Se sumará Charge Now para cargas de autos eléctricos, seguida de Free Now para servicios de taxi estilo Uber, Park Now para servicios de estacionamiento, y, finalmente, Share Now para un servicio de autos compartidos.

Según las empresas alemanas el enfoque se centrará en avanzar en el desarrollo de tecnologías de nueva generación para la asistencia al conductor, conducción autónoma en autopistas y para estacionamiento automático.

## **Yandex**

Es una compañía de internet que opera el mayor motor de búsqueda en Rusia con una cuota de mercado de alrededor del 60% en ese país.

Esta empresa rusa de motores de búsqueda, también administra un servicio de taxis en más de 100 ciudades, comenzó a trabajar en la tecnología autónoma a principios de 2016, y han estado trabajando con ingenieros de clase mundial para probarlos en la carretera desde diciembre de 2017, combinando su experiencia en aprendizaje automático, navegación, herramientas de mapeo y tecnologías en la nube. Su tecnología se puede aplicar a cualquier tipo de vehículo, lo que hace que los viajes sean más seguros y accesibles para todos<sup>69</sup>.

En mayo de 2017, Yandex presentó su primer prototipo. Y desde agosto de 2018, tiene un servicio de taxi independiente en su país. En 2018 presentó un

---

<sup>69</sup> Para conocer mayor información sobre Yandex visite el sitio oficial <https://sdc.yandex.com/>

Toyota Prius convencional adaptado en el CES de Las Vegas, logrando en unas semanas que condujera solo por la caótica ciudad del juego.

## **Baidu**

Es un motor de búsqueda asiático que se ha posicionado como el más utilizado en territorio chino y que, actualmente, ha llegado a alcanzar una cuota de mercado que ronda el 77% en dicho país.

Baidu desarrolló Apollo 3.5. que fue la primera plataforma de conducción de código abierto para automóviles autónomos que pueden desenvolverse en escenarios urbanos y suburbanos complejos. Los taxis sin conductor o servicios de entrega a domicilio pueden ser posibles con las herramientas ofrecidas por 3.5.

La última versión tiene herramientas necesarias para que los desarrolladores construyan soluciones mucho más confiables de movilidad asistida. Además, es compatible con los sensores más avanzados disponibles en el mercado como el nuevo Velodyne VLS-128 LiDAR.

La suite Apollo brinda recursos de conducción inteligente para vehículos de producción en masa. Es abierta, escalable, confiable y adaptable a las necesidades del cliente. Las empresas que usen del servicio recibirán soporte por Baidu. Tiene cinco soluciones principales de conducción autónoma: conducción en autopistas, aparcamiento, microbuses autónomos, plataformas de mapas inteligentes, incluso soluciones con asistencia por voz y detección de movimiento.<sup>70</sup>

La compañía asiática colabora con fabricantes de coches como Ford, Hyundai, Kia, Chery, Volvo y Volkswagen para aplicar dichas soluciones en sus vehículos.

---

<sup>70</sup> Para más información visite el sitio oficial <https://www.volvocars.com/es/por-que-volvo/innovacion-volvo/future-of-driving>

## Volvo

Volvo por su parte anuncio sus nuevas alianzas en el año 2018 con Ericsson, Nvidia y Autoliv, así como una inversión estratégica en Luminar, este último es un fabricante de sensores LIDAR con quien volvo dijo estará invirtiendo una gran suma de dinero y a su vez Luminar suministrará los sensores para sus vehículos autónomos.

Una de las ventajas de Luminar es que abastece a sus compradores no solamente de sensores sino también de un software de percepción 3D que ayuda a etiquetar e identificar cada una de las imágenes capturadas por sus LIDAR. Con esto, se tiene en un solo producto una potente herramienta bidimensional de percepción, anotación de datos, software de etiquetado y un algoritmo para interpretar "datos tridimensionales verdaderos".

Además, Volvo está creando una compañía conjunta bautizada como Zenuity, acompañada por Autoliv y Ericsson, y donde planean usar plataformas de cómputo de Nvidia. Dentro de esta compañía, Volvo pondrá los vehículos, Autoliv el hardware y los sistemas de seguridad, y Ericsson brindará las características de conectividad.

De acuerdo con la página oficial de volvo se han comprometido para hacer realidad tres visiones<sup>71</sup>:

- 1) Para 2020, nadie debe morir ni resultar gravemente herido en un vehículo Volvo de nueva generación.
- 2) Para 2025, quieren que sus clientes recuperen una semana al año de tu precioso tiempo con los nuevos vehículos Volvo.
- 3) Para 2025, alrededor del 50 por ciento de los vehículos que fabriquen y vendan serán eléctricos.

---

<sup>71</sup> Para más información ver el sitio oficial <https://www.volvocars.com/es/>

## **PSA Peugeot Citroën**

En enero de 2019 se dio a conocer que el grupo PSA fabricante de las marcas Peugeot, Citroën, DS, Opel y Vauxhall, obtuvo la autorización para comenzar sus primeras pruebas de manejo autónomo en rutas abiertas en el municipio de Chongqing.

PSA fue el primer fabricante francés de automóviles en haber probado el vehículo autónomo en rutas abiertas de Francia desde julio de 2015 y el primero en obtener autorización para realizar pruebas con conductores *no especialistas* en marzo de 2017.

Su objetivo es integrar al ecosistema chino, teniendo en cuenta las diferencias relacionadas con el medio ambiente, la infraestructura, los sistemas de geolocalización y el comportamiento de los usuarios. (Grupo PSA, 2019).

## **Toyota**

En verano de 2018 Toyota anunció una unión con Uber para desarrollar conjuntamente vehículos autónomos, además Toyota invertirá 500 millones de dólares en Uber.

El acuerdo prevé que las Vans Sienna de Toyota sean equipados con la tecnología robótica de Uber y con la técnica de asistencia a la conducción de la automotriz nipona. Según los planes, los vehículos entrarán en servicio a partir de 2021 en un proyecto piloto de Uber. (Toyota, 2018).

Durante el Consumer Electronics Show (CES) 2019 Toyota presentó un nuevo vehículo autónomo, a través de su Toyota Research Institute (TRI) ha desarrollado un vehículo que visualiza los avances logrados en materia de conducción autónoma.

Bajo el nombre de TRI-P4, este laboratorio sobre ruedas basado en el Lexus LS tiene como sello particular la capacidad de moverse por la calles y carreteras sin la necesidad de un conductor. (Hernández, 2019).

## **Samsung**

En conjunto con la autoridad de seguridad del transporte de Corea (kotsa) firmaron un acuerdo de colaboración, con la finalidad de construir un novedoso banco de pruebas para vehículos conectados y autónomos, este lugar llamado K-city estará equipado con tecnología 4g, 5g y V2X, permitirá realizar hasta cinco tipos de simulacros basados en situaciones de conducción real. La tecnología V2X permitirá a los vehículos comunicarse con casi todo, siendo capaces de tener contacto con otros automóviles y con los peatones. (Samsung Newsroom, 2018).

Samsung se convirtió en la primera empresa de electrónicos en recibir la aprobación gubernamental para experimentar vehículos autónomos en las calles de Corea de sur. Por su parte la empresa estableció una unidad de negocio en 2015 para enfocarse en la tecnología de conducción autónoma, en noviembre de 2016 gastó ocho mil millones de dólares en adquirir a Harman, una firma estadounidense que desarrolla software y componentes para autos, en febrero de 2017 invirtió en TetraVue, empresa dedicada al desarrollo de tecnología 3D que identifica obstáculos inesperados y peligrosos.

Samsung está más enfocado en desarrollar tecnología para los vehículos autónomos que generar los suyos, diciendo en un comunicado que *“no tiene un plan de entrar al negocio de manufactura de autos”*.

## **Apple**

Al igual que Samsung Apple está decidido y enfocado en el desarrollo de la tecnología. A finales del 2016 Apple reveló que quería desarrollar la tecnología para un coche sin conductor. El proyecto es conocido como Proyecto Titan, sin embargo, es un proyecto a largo plazo del que no se tiene mucha información.

## **Audi**

Por su parte Audi ha estado desarrollando desde hace un par de años sus vehículos autónomos que según la compañía saldrán a la venta en el año 2021

y que llevará por nombre Audi Aicon, un vehículo que carecerá de volante y pedales, será eléctrico. En lo que a autonomía se refiere, el Audi Aicon debería mostrar un rango lo suficientemente amplio para que los pasajeros puedan realizar viajes largos sin dificultades de ningún tipo, se espera que el nuevo vehículo se sitúe entre los 700 y 800 kilómetros de autonomía, pero, sobre todo, que sea capaz de recargar en 30 minutos el 80 por ciento de su capacidad, además de incluir la opción de llenar las baterías mediante inducción, sin necesidad de recurrir a un enchufe<sup>72</sup>.

## Intel

Después de que Intel comprara Mobileye<sup>73</sup> anunció que hará uso de la tecnología REM de Mobileye (Road Experiment Management) para poner en circulación dos millones de unidades de vehículos autónomos en carreteras de todo el mundo con el fin de recabar información, realizar mapas más precisos y, con ello, conseguir mejorar los sistemas de conducción autónoma que comenzarán a integrarse en un futuro.

Estas unidades cuentan con marcas de vehículos como: BMW, Nissan, Volkswagen entre otras. El nivel de estos vehículos en cuanto a conducción autónoma será del nivel 3 en adelante, por lo que no serán completamente autónomos, sino que se sitúan en un estadio intermedio, el objetivo final es alcanzar el nivel 5. El proyecto comenzó a principios de 2019 en Israel lanzando algunas docenas de vehículos que escalarán a cientos de vehículos autónomos para el año 2022.

---

<sup>72</sup> Para mayor información visite el sitio oficial <https://www.audi.com/en/experience-audi/mobility-and-trends/autonomous-driving.html>

<sup>73</sup> Mobileye es una filial israelí de la corporación Intel que desarrolla sistemas avanzados de asistencia al conductor basados en la visión que proporcionan advertencias para la prevención y mitigación de colisiones

## **Nvidia**

NVIDIA DRIVE™ PX 2<sup>74</sup> es una plataforma abierta para automóviles con Inteligencia Artificial que les brinda a los fabricantes de autos y a los proveedores de nivel 1 apresurar la fabricación de los vehículos autónomos y automáticos. La configuración de este procesador incluye la conducción automática en carreteras y la generación de mapas en alta definición consume solo 10 watts de energía. Además, permite a los vehículos utilizar redes neuronales profundas para procesar datos de las diferentes cámaras y sensores.

DRIVE PX 2 puede comprender en tiempo real lo que sucede alrededor del vehículo, ubicarlo exactamente en un mapa de alta definición y planificar una ruta segura. Es la plataforma de conducción autónoma más avanzada del mundo, que combina aprendizaje profundo, fusión de sensores y una visión envolvente para cambiar la experiencia de conducción.

La arquitectura escalable está disponible en diferentes configuraciones. Van desde un procesador móvil con enfriamiento pasivo que funciona a 10 watts hasta una configuración con varios chips con dos procesadores móviles y dos GPU discretas que realizan 24 billones de operaciones de aprendizaje profundo por segundo. Las diferentes plataformas de DRIVE PX 2 se pueden usar en paralelo para lograr una experiencia de conducción autónoma integral.

### **Conclusiones del capítulo**

Una de las acciones más importantes a las que las empresas y organizaciones se han sometido, tanto de desarrollo tecnológico como de creación automotriz es la unión y creación de alianzas para lograr una mejora constante y una implementación correcta de los vehículos autónomos, situación que se ha venido desplegando a través de diferentes pruebas que se llevan a cabo en distintas ciudades y puntos específicamente creados para realizar dicha tarea. Estas empresas se han dado cuenta que una unión es más factible que realizar el trabajo individual, ya que el

---

<sup>74</sup>Para mayor información visite el sitio oficial <https://www.nvidia.com/en-us/self-driving-cars/drive-platform/>

trabajo en equipo permite no comenzar a desarrollar la tecnología desde cero, sino seguir avanzando e innovando el proceso y mejora del desarrollo de los vehículos autónomos y todas las partes que lo componen. Todo esto es importante, pues existen ciertos niveles de autonomía que un vehículo debe poseer, la forma en la que el hardware y software interactúa dentro de ellos y cómo es que son tomadas sus decisiones con ayuda del Deep Learning, es algo que estas empresas deben tener en consideración al momento de la creación de los VA.

Por último es importante conocer el costo al que un accidente vehicular puede ascender, costo que no solamente se refiere a lo monetario sino a lo físico y emocional ya que el uso de vehículos autónomos supondría una disminución en las colisiones presentadas en las vialidades por descuidos humanos.



## **CAPÍTULO 6. LAS PROMESAS Y PELIGROS DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS**

### **6.1 Cuáles son las ventajas de los vehículos autónomos**

Debemos tener en cuenta que los vehículos autónomos no son los precursores de la tecnología autónoma, pues desde el año 1912 se ha hecho uso del piloto automático en las aeronaves; este sistema fue diseñado para asistir al piloto, logrando con ello liberarlo de algunas cargas de trabajo pues el sostener un volante causa, después de ciertas horas, fatiga en los brazos, y una importante carga en los hombros y espalda.

La tecnología era simple y consistía en mantener al avión volando en línea recta por un cielo despejado, pero el piloto debía estar alerta para responder a cualquier imprevisto o incidencia que pudiera surgir y requiriera que el avión cambiara su curso. A lo largo de los años el piloto automático ha tenido ciertas mejoras e incluso fue incluido en el sistema de gestión de vuelos cuya función es guiar al avión a lo largo de una ruta predeterminada a través del sistema de posicionamiento global, el sistema de navegación inercial y la radionavegación que determinan la posición de la aeronave.

En el año 1920 esta misma tecnología fue utilizada en un buque petrolero de la Standar Oil.<sup>75</sup> Es relevante destacar que hasta ese momento esta tecnología era únicamente usada para recorrer largas distancias en línea recta y con ello disminuir la presión en el manejo de las naves por parte de los pilotos.

### **6.2 Los costos sociales de la conducción**

Esta clase de vehículos pueden afectar de forma sustancial la seguridad, la movilidad, la congestión vehicular, las vías o calles de acceso, como también el medio ambiente.

---

<sup>75</sup> Standard Oil Co. Inc. fue una empresa petrolera estadounidense que llegó a ser la más importante en su rubro desde el año 1870 hasta el año 1911.

Una de las cosas que se debe tener en cuenta son los costos sociales en los que se incurren a causa de los accidentes, la congestión, el ruido, la contaminación del aire, o las emisiones de los gases invernaderos.

### **6.3 Los efectos de los vehículos autónomos en la seguridad y en los accidentes**

En México, los accidentes de tránsito son la segunda causa de muerte en la población de 5 a 34 años, y representan la tercera causa de muerte para los asegurados, después del cáncer y las enfermedades cardiovasculares (AMIS, 2018). Los accidentes de tráfico también conllevan otros costos sociales e individuales, como: daño a la propiedad, pérdidas en ganancias, pérdidas en productos o bienes materiales, costos médicos, servicios de emergencia, rehabilitación, costos administrativos, costos legales, multas, grúas, peritos, sin contar el dolor, sufrimiento y la pérdida en la calidad de vida o de la vida misma.

De acuerdo con AMIS (2018) el costo promedio estimado de los accidentes de tránsito es de 11,000 pesos y hay 1,000 accidentes de tráfico en el país todos los días, lo que se traduce en 11 millones de pesos gastados día con día. Por otra parte, se estima que los accidentes viales pueden costar entre el 11.5% y 2.1% del Producto Interno Bruto (PIB), lo que es equivalente a la tasa de crecimiento de México. A esto se deben agregar los costos externos ocasionados por el ruido, la contaminación causada por la congestión que un accidente ocasiona en el área, el costo de la gasolina utilizada mientras se espera en el embotellamiento, el costo de la extracción e importación de esa gasolina, etc.

Muchos han sido los factores que han contribuido a reducir la estadística de colisiones, y muertes causados por accidentes automovilísticos, entre ellos se encuentra las bolsas de aire introducidas en 1984, frenos antibloqueo en 1985, control de estabilidad electrónico en 1995, y las advertencias de colisión frontal en el año 2000.

De acuerdo con un estudio de DHL en cooperación con BOSCH y el Instituto Tecnológico de Karlsruhe (2016) algunas de los beneficios que se obtendrán a partir del uso de los vehículos autónomos se verán reflejados en la reducción de los

accidentes de tráfico ya que, de acuerdo a sus investigaciones, hasta el 90% de los accidentes son causados por el conductor, y dado que los vehículos autónomos toman decisiones mejores y más rápidas que los humanos esta tasa de incidentes se vería reducida, otra característica que ayuda a mejorar la percepción de esta clase de vehículos es que siempre están adaptándose y monitoreando las variaciones de tráfico, las condiciones meteorológicas y evitando obstáculos en el camino, logrando llevar a cabo todas estas tareas con mayor diligencia, rapidez y seguridad que los conductores humanos.

Ese mismo estudio indica que con una reducción en el parque vehicular y haciendo un uso eficiente de los combustibles, los sistemas autónomos están programados para minimizar el impacto ambiental, puesto que estos vehículos producen una menor cantidad de emisiones, lo que por supuesto se traduce en una mejora y en un beneficio para el medio ambiente.

Siguiendo esta línea se espera lograr una mayor eficiencia pues el tráfico fluiría con mayor rapidez y, la congestión se reduciría al hacer uso de la comunicación vehículo a vehículo (situación presente entre una flota de vehículos autónomos) los sistemas autónomos lograrían desplazarse a altas velocidades y evitar las rutas ocupadas. Con la eficiencia de combustible obtenida por la conducción optimizada por propietarios de vehículos sin conductor reducirían su huella de carbono un 15%.

Por ende, el daño ambiental, así como las emisiones y los gases de efecto invernadero es otra importante externalidad de conducción que podría verse afectada por la conducción autónoma. Las emisiones de gases de efecto invernadero tienen costos sociales relacionados con los impactos del cambio climático, mientras que los contaminantes atmosféricos convencionales de la combustión de gasolina y diésel afecta la salud humana, la pérdida de cultivos, la reforestación, y otras áreas.

Por otra parte, los vehículos de logística verán las limitaciones de tiempo eliminadas, esta situación es bastante común para los camiones de carga, pero ahora podrían viajar las 24 horas de día, los siete días de la semana sin la necesidad de tiempo

de descanso por parte del conductor y comparado con la conducción actual se podría lograr una reducción general de costos de 40% por kilómetro.

#### **6.4 Los efectos en aquellos que no pueden conducir**

Puede ser utilizado por adultos mayores, situación que ayudaría a mejorar la comodidad en el traslado para este sector de pasajeros. Los menores de edad podrán hacer uso de estos autos enviados por sus padres o personal de confianza que tendrán acceso a la ubicación del vehículo en todo momento. Las personas con discapacidades físicas también se verán involucradas y favorecidas pues esta clase de servicios les permitirán transportarse libremente sin la necesidad de manejar por ellos mismos o depender de alguien más para hacerlo. También podrá usarse por personas intoxicadas lo que traería como beneficio una reducción en los accidentes causados por conductores en estado de ebriedad. Los beneficios para ese grupo de ciudadanos les brandarían independencia personal, reducción al aislamiento social y les proporcionaría acceso a los servicios esenciales.

#### **6.5 Beneficios en la congestión**

(Kalra, et al., 2016) Algunas decisiones como el lugar de residencia y los viajes que debemos hacer dependen de los costos que conllevan, incluyendo los costos de operación vehicular, la depreciación, el aseguramiento, la gasolina, los estacionamientos, el mantenimiento y por supuesto el tiempo que el conductor hará uso del vehículo. Los vehículos autónomos liberarían a los conductores del compromiso de manejar y la comodidad que estos vehículos proporcionarían a sus usuarios es variada, por ejemplo, los usuarios podrían realizar múltiples tareas mientras son trasladados como: dormir, leer, trabajar e incluso disfrutar de entretenimiento visual y auditivo. Ya que esos autos en su mayoría serán híbridos o eléctricos a medida que estos vehículos promuevan patrones de tráfico más suaves ayudaría a la vida útil del combustible y a su vez a disminuir los costos incurridos por el uso de ellos.

Una de las dificultades con las que los conductores se enfrentan actualmente es encontrar un lugar de estacionamiento en momentos con gran demanda por el tiempo que esto supone, sin mencionar el costo en el que se incurre, esta es otra

de las características positivas de los vehículos autónomos, pues podrán encontrar un lugar de estacionamiento más asequibles por ellos mismos evitándole al conductor el tiempo de espera, también podrá encontrar a su pasajero en un punto especificado por este. De igual forma la implementación exitosa de estos autos podría disminuir las primas de las aseguradoras. (Kalra, et al., 2016).

Por último, podemos decir que el uso de esta clase de vehículos reducirá el estrés en la población y en los usuarios causado por los embotellamientos, las horas de conducción, los accidentes o las colisiones en las carreteras y vialidades. De igual forma se espera que a partir de su llegada se creen nuevas empresas y sectores, lo que quizá se traduciría como un cambio en la economía y el origen de nuevos empleos e industrias.

De acuerdo con estudio 25th Hour – Flow realizado por el Tecnológico de Karlsruhe (KIT) y la consultora alemana Mobility Partners en el año 2018, se realizó una simulación de movilidad en Ingolstadt Alemania donde se demostró que se puede lograr una reducción en los tiempos de traslado del 33% gracias a esta tecnología, pero uno de los requisitos principales será la tendencia a compartir esos vehículos, pues una mayor tasa de ocupación en estos vehículos combinado con una gestión más inteligente de tráfico dan como resultado una resolución en los problemas de tráfico en las ciudades a largo plazo.

Los vehículos conectados, automatizados y compartidos también brindarán a las ciudades nuevas oportunidades para usar y reasignar espacios para mejorar la calidad de vida urbana. Por ejemplo, este estudio descubrió que la incorporación de vehículos totalmente autónomos podría reutilizar un carril de tráfico en una red de cuatro carriles y dedicar este nuevo espacio a peatones o bicicletas en lugar de vehículos. El estudio toma en cuenta que, con un número cada vez mayor de vehículos autónomos, más personas mayores, niños sin licencia de conducir o personas con discapacidades tienen acceso a la movilidad, y los convenientes robotaxis competirán con el transporte público local.

En el modelo de tráfico de Ingolstadt donde hay muchos automóviles y autobuses, pero no hay metro ni tranvías se determinó que para lograr que el flujo de tráfico

sea notablemente mejor se necesita por lo menos que un 40% de los vehículos en las calles sean autónomos. Las computadoras mantienen la distancia necesaria a otros vehículos, no conducen demasiado rápido y obedecen todas las señales de tráfico. Sin embargo, según varios estudios académicos, en una situación de tráfico mixto esto tiene una desventaja para el flujo de tráfico. Los tiempos de viaje se reducen notablemente solo con un número creciente de autos autónomos: si las carreteras en Ingolstadt hoy en día fueran utilizadas solo por vehículos autónomos, los tiempos de viaje se reducirían en un cuarto.

Debemos recordar que de acuerdo a datos del INEGI (descritos anteriormente) en la Ciudad de México los vehículos son utilizados con una tasa de ocupación de 1.5 personas y el tiempo de traslado por parte de los usuarios tiene un promedio que va desde 30 minutos a dos horas, con estos datos se puede deducir que el tiempo invertido entre traslados por parte de los pasajeros en esta ciudad va desde 5 días al año hasta los 21 días.

## **6.6 Desventajas**

Los vehículos autónomos traen con su llegada incertidumbre para un gran número de personas que principalmente cuestionan la seguridad de esta nueva forma de conducción, los costos, la seguridad y privacidad, todas estas cuestiones han sido tomadas en cuenta por las grandes empresas y las desarrolladoras de los sistemas autónomos. A continuación, se describen de forma más específica las cuestiones antes mencionadas:

- **Costos**

Por ahora los costos de los vehículos autónomos no están del todo claros, pero algunas desarrolladoras han dado cifras estimadas de lo que podría ser el precio de esos vehículos, Volvo ha sido el primero en dar a conocer dicha estimación, asegurando que el vehículo tendría un precio de por lo menos 645 mil 926.10 pesos, lo que lo convierte en un auto poco asequible para la mayoría de los habitantes de la ciudad. A su favor puede pronunciarse el hecho de que al ser autónomo y tener la opción entre elegir entre un auto

híbrido o eléctrico este podría ser usado por más de un miembro de la familia o de un círculo social a lo largo del día, y ser compartido en viajes con destinos similares.

- **Seguridad**

Cuando se habla de tecnología el tema de la seguridad es muy importante, este punto puede ser dividido en diversas áreas, como puede ser problemas en el código, o el manejo de la privacidad de la información. El primer caso podría incurrir en toda clase de accidentes si los sistemas programados dejan de funcionar como se espera, al tener errores en el código que permitan crear un vacío desencadenando un resultado no deseado, por ejemplo: colisiones con otros vehículos o peatones, paro total del vehículo, aumento o disminución de la velocidad, o acciones más sencillas como activar los limpia parabrisas en un día soleado, encender las luces en el día, reproducir música de manera automática, etc.

Un estudio realizado por la Universidad de Georgia (2019) demostró con ayuda de un simulador que en una ciudad inteligente el 10% de vehículos hackeados podría paralizar a la ciudad, como recomendación se plantea limitar la cantidad de automóviles conectados a una misma red y con un mismo protocolo de red.

El segundo caso está relacionado con el primero, y ya que el vehículo necesita estar conectado a los satélites en tiempo real para su óptimo funcionamiento, supone como riesgo el que un tercero acceda a nuestra información y conozca tanto nuestra ubicación exacta como toda la información que es recopilada por el vehículo y las aplicaciones que estén ligadas a él y están almacenadas en bases de datos.

Es por ello que la Unión Europea está desarrollando una política común de certificación y seguridad para la implementación de los sistemas inteligentes de transporte cooperativos, tomando en cuenta a todas las partes interesadas incluyendo a las autoridades públicas, los ministerios de transporte o secretarías de transporte, los operadores de las infraestructuras

viales, los fabricantes de vehículos, los proveedores y operadores de servicios de los SIT cooperativos. (Comisión Europea, 2016).

El departamento de transporte de Estados Unidos (2015) se ha asegurado que los mensajes básicos de seguridad no contengan ninguna información personal que vinculen al usuario con el vehículo. El sistema no permitirá el seguimiento a través del espacio y el tiempo, estos mensajes de seguridad no serán utilizados por las fuerzas de orden público o de entidades privadas, tampoco recopilará información financiera.

Privacy Impact Assesment<sup>76</sup> describe el proceso usado para evaluar si la recolección de los datos es necesario y relevante, advierte a los consumidores que deben revisar cuidadosamente los términos de servicio antes de dar el consentimiento para la recolección de sus datos. En caso que algún proveedor viole los términos de servicio se deberán tomar medidas como comunicarse con la comisión nacional de comercio esto incluye a los fabricantes de vehículos.

En pro a esta situación puede decirse que los desarrolladores del software, como lo es GOOGLE, BAIDU, SAMSUNG entre otros, están comprometidos con el excelente desarrollo del mismo, y es por ello que realizan pruebas muy exhaustivas que permiten debuggear<sup>77</sup> sus sistemas. Actualmente se encuentran en la fase de desarrollo y pruebas de estos en los vehículos, situación que les permite contemplar las fallas y corregirlas antes de ponerlos en el mercado. Por otra parte, el robo de información es algo común, esta es una situación que ha afectado tanto a personas físicas como a diversas empresas entre ellas instituciones bancarias, es algo en lo que se sigue trabajando.

- **Empleos**

---

<sup>76</sup> Es un proceso mediante el cual se realiza un esfuerzo consciente y sistemático para evaluar los impactos de la privacidad y la protección de datos de una aplicación específica con el fin de tomar las medidas apropiadas para prevenir o al menos minimizar esos impactos.

<sup>77</sup> Es la acción de detección y eliminación de errores de programación de software.



Por último, es posible que las ocupaciones y las economías basadas en el transporte público, la reparación de choques y los seguros de automóviles puedan sufrir cambios debido a que esta tecnología hace que algunos aspectos de estas ocupaciones se vuelvan obsoletas.

Algunos ejemplos de cómo los AV pueden afectar a industrias específicas de acuerdo con una guía de la KPMG International ( 2019) son:

- *Vigilancia.* Es posible que se necesiten menos recursos para vigilar las carreteras con AV programados para cumplir con las leyes de tránsito.
- *Atención médica.* Menos accidentes de tráfico pueden significar menos demanda de cirugía de emergencia y menos donantes de órganos. Los AVs pueden hacer que sea más fácil para las personas mayores y enfermas viajar a las citas, lo que permite una mayor centralización de los servicios.
- *Transporte aéreo y ferroviario.* Menos pasajeros en algunas rutas si los AV permiten que los usuarios se relajen o duerman hasta llegar a largas distancias destinos.
- *Medios y publicidad.* Los usuarios de AV liberados de la conducción podrían desviar su atención del audio al video, la palabra escrita y medios de comunicación social; la publicidad podría ser dirigida por ubicación, subsidiando potencialmente el costo del viaje.
- *Generación de energía.* Los EV, incluidos los AV, aumentarán la demanda, pero la posibilidad de elegir cuándo cargar en casa podría impulsar la potencia renovable de salida variable.
- *Redes eléctricas.* La carga doméstica requerirá redes locales reforzadas, pero un control inteligente de cuándo cargar, así como el uso de vehículos enchufados como baterías podría suavizar la demanda.

## **6.6 Moral machine**

Es una plataforma creada por el scalable cooperation group del Instituto de Tecnología de Massachusetts o MIT (2017) para recopilar información sobre cuestiones que involucran dilemas morales por medio de un cuestionario interactivo en Internet. Esta plataforma simula situaciones críticas, en las que el usuario debe

decidir qué hacer de acuerdo con sus convicciones o creencias, el objetivo es conformar una ética general para después implementarla en dispositivos que impliquen el uso de inteligencia artificial como los vehículos autónomos.

El sitio tiene tres funciones principales: juzgar, diseñar y explorar. En la primera se presentan dilemas morales al azar a los que se podría enfrentar una máquina (por ejemplo, un coche autónomo, que no necesita llevar pasajeros). El coche puede detectar la presencia e identificar aproximadamente los peatones que tiene delante, así como los pasajeros que puedan estar en el coche.

El coche también detecta que los frenos fallaron, dejándolo con dos opciones: seguir adelante y golpear a los peatones por delante de él, o girar y golpear a los peatones en el otro carril entre otro tipo de escenarios.

En la sección de diseñar se puede crear un nuevo. En primer lugar, se pedirá elegir si desea presentar el dilema entre dos conjuntos de peatones o entre peatones y pasajeros, y si el coche autónomo tendrá que desviar para salvar a los pasajeros o peatones. A continuación, se puede elegir añadir complicaciones legales en forma de una señal.

Se pueden elegir personajes para agregar a cada posible ubicación en el escenario. El resultado por defecto para los personajes que se estrellan o son golpeados es la muerte, pero esto se puede cambiar usando la lista desplegable para cada ubicación. Por último, en la parte de explorar se permite ver los escenarios que todos los usuarios de esta plataforma han creado.

## **Conclusiones del capítulo**

El uso de los VA supone sin duda una mejora en el desempeño actual del transporte, ya que estos permitirán una mayor inclusión con sus usuarios esto influirá en el aumento de los mismos y una libertad mayor al momento de realizar diversas tareas durante el tiempo de traslado.

Uno de los puntos más relevantes a destacar es la seguridad de estos vehículos, se debe recordar que los VA estarán diseñados para trabajar con la red 5G, al comienzo se consideró el implementar estándares de la IEEE 802.11p pero esta ópera en un espectro de frecuencia de 5.90 y 6.20 HgZ mientras que la red 5G logra una latencia de 1 a 5 milisegundos (las redes actuales 4G tienen una latencia entre 50 y 150 milisegundos), con un tiempo bajo de respuesta se asegura que la comunicación sea instantánea y se produzcan menos accidentes.

Algo en lo que diversos gobiernos han estado trabajando es la transparencia de los datos personales, donde las leyes obligan a los proveedores del servicio presentar las condiciones en las que serán utilizados los datos de todos aquellos usuarios de los vehículos, esto en el caso de ser dueños de los autos; de lo contrario, si solo se es un usuario se pretende no guardar ni hacer uso de ningún dato que pueda ser utilizado por entidades privadas ni se permitirá la recopilación de información financiera.

El vehículo al tener una ruta fija podría solicitar una confirmación de cambio de ruta bajo la premisa de haber sido hackeado y su destino fuese modificado, de no existir pasajeros dentro del vehículo el aviso se daría al centro de control, se recomienda contar con un respaldo o backup guardado y distribuido en diferentes servidores, así como entrenar a las cámaras internas para detectar diversos ataques que pudieran ocurrir. Los dispositivos móviles deben permanecer encendidos, con la ubicación activada y conectados a una red, de lo contrario el vehículo solicitará que estas funciones estén disponibles, de hacer caso omiso el vehículo enviará un mensaje al centro de control o a la policía.

## CAPÍTULO 7. LEGISLACIONES

### 7.1 Legislaciones aprobadas en otras ciudades del mundo

De acuerdo con un estudio de la KPMG (Autonomous Vehicles Readiness Index, 2019) de los 25 países mejor preparados para la adopción de los vehículos autónomos México se encuentra en el antepenúltimo lugar, el estudio tomó 25 variables como referencia agrupándolas en cuatro pilares fundamentales: las políticas y legislaciones, la tecnología y la innovación, la infraestructura y la aceptación por parte de los ciudadanos.

A continuación, se muestra una tabla que ejemplifica el párrafo anterior.

Tabla 6: Índice de los países mejor posicionados para la adopción de VA.

Posición	País	Puntuación	Posición	País	Puntuación
1	Países Bajos	25.05	14	Israel	19.60
2	Singapur	24.32	15	Australia	19.01
3	Noruega	23.75	16	Austria	18.85
4	Estados Unidos	22.58	17	Francia	18.46
5	Suiza	22.48	18	España	15.50
6	Finlandia	22.28	19	Republica checa	14.46
7	Reino Unido	21.58	20	China	14.41
8	Alemania	21.15	21	Hungría	11.99
9	Emiratos Árabes	20.69	22	Rusia	8.55
10	Japón	20.53	23	México	7.72
11	Nueva Zelanda	19.87	24	India	6.87
12	Canadá	19.80	25	Brasil	6.41
13	Corea del sur	19.79			

Fuente: Elaboración propia, Información tomada de Autonomous Vehicles Readiness Index, 2019.

De acuerdo con el índice de preparación de vehículos autónomos algunos de atributos que tienen los países más preparados, además de un sólido desarrollo económico, son:

- Gobiernos dispuestos a regular y apoyar el desarrollo de vehículos autónomos.
- Excelente infraestructura de carreteras y redes móviles.
- Inversión e innovación del sector privado.
- Pruebas a gran escala impulsadas por una fuerte presencia de la industria automotriz.
- Un gobierno proactivo que atrae alianzas con los fabricantes.

### **Países Bajos**

Anunció en julio del año 2015 que la Autoridad de Vehículos de Holanda (RDW) otorgaría permisos para realizar pruebas de vehículos autónomos siempre y cuando un ser humano se encontrara dentro del vehículo para hacerse cargo del control de este si fuera necesario. El Gabinete había aprobado las pruebas a gran escala de autos y camiones que conducían por cuenta propia en carreteras públicas en enero de 2015, pero los cambios legislativos necesarios tenían que hacerse antes de que se pudieran implementar tales pruebas. La primera prueba de este tipo realizada en Los Países Bajos tuvo lugar en noviembre de 2016 en una carretera fuera de Ámsterdam. (Wendy, 2017).

El 24 de febrero de 2017, el Gabinete de los Países Bajos aprobó un proyecto de ley que elimina las restricciones legales y hace posible que los fabricantes realicen pruebas mucho más exhaustivas de vehículos de conducción automática, sin la presencia física del conductor en el vehículo. El proyecto de ley permite a las empresas solicitar un permiso para realizar pruebas con vehículos sin conductor en carreteras públicas, con un ser humano listo para tomar el mando a través del control remoto. (Government of the Netherlands, 2019)

**Singapur** (2019) por su parte posee el primer lugar en política y legislación.

Su gobierno está trabajando arduamente para consolidar la posición de la ciudad-estado como centro de AV. Abrió el Centro de Excelencia para Pruebas e Investigación de Vehículos Autónomos en la Universidad Tecnológica de Nanyang (CETRAN) en noviembre de 2017, que incluye paradas de autobuses, semáforos, rascacielos, colinas y una máquina de lluvia para permitir pruebas realistas. Los datos recopilados de esta instalación han ayudado al gobierno a desarrollar la Referencia técnica 68 (TR 68), que es un conjunto de normas nacionales destinadas a promover el despliegue seguro de vehículos sin conductor en Singapur. Además, CETRAN está colaborando con la Organización Holandesa en la Investigación Científica Aplicada (TNO) para acelerar la introducción segura de AV en ambos países.

Singapur también ha anunciado que tres áreas, Punggol, Tengah y el Distrito de Innovación de Jurong, usarán autobuses y autobuses sin conductor para desplazamientos fuera de las horas pico y bajo demanda desde 2022. En noviembre de 2018.

Un operador de autobuses anunció una prueba de un año de un servicio de transporte autónomo en el campus de Kent Ridge de la Universidad Nacional de Singapur, que comienza en marzo de 2019 y opera en carreteras reales, aunque solo llevará pasajeros después de que se completen las pruebas iniciales.

## **Noruega**

El 1 de enero de 2018, legalizó las pruebas de vehículos autónomos en carreteras públicas y, como resultado, los operadores iniciaron servicios de autobuses autónomos a pequeña escala. En mayo, un proveedor de transporte de Stavanger obtuvo el derecho de operar minibuses sin conductor, y de junio a diciembre de 2018 realizó un servicio gratuito en Forus. Sin embargo, las regulaciones iniciales significaban que siempre había un empleado a bordo que podía aplicar un freno, solo se permitían seis pasajeros y la velocidad máxima era de 7.5 mph (12 km / h).

Ruter, el proveedor de transporte público para Oslo, anunció en octubre de 2018 que está comenzando pruebas similares con una compañía danesa, con el objetivo de tener 50 minibuses de ese tipo en uso para el 2021. En otros lugares, la administración nacional de carreteras ha estado probando la instalación automática de camiones en el norte de Noruega, y los pilotos de taxis autónomos comenzarán en 2019.

KPMG en Noruega, dice que las pruebas de autobuses involucran una variedad de entornos, que incluyen parques empresariales, calles urbanas e incluso un servicio desde un centro comercial hasta una playa. La retroalimentación sobre la tecnología de vehículos autónomos usados ha sido bastante positiva.

## **Estados Unidos**

Posee el cuarto lugar dentro de la lista de países mejor preparados para la conducción autónoma, donde ostenta el noveno lugar en cuanto a sus políticas y legislaciones, el tercero en tecnología e innovación, el octavo en infraestructura y el sexto en aceptación por parte de los usuarios. (KPMG International, 2019).

Los estados están adoptando diferentes enfoques legislativos y han promulgado diversas leyes relacionadas con las pruebas y la operación de vehículos automatizados. El DOT<sup>78</sup> de los EE. UU supervisa regularmente las actividades legislativas para apoyar el desarrollo de un marco nacional coherente para la legislación de vehículos automatizados.

De acuerdo con un estudio del departamento de transporte estadounidense (U.S Department of transportation, 2018) este departamento modernizará o eliminará las reglamentaciones obsoletas que impiden necesariamente el desarrollo de vehículos automatizados o que no abordan las necesidades de seguridad críticas. Siempre que sea posible, el Departamento apoyará el desarrollo de estándares y enfoques técnicos voluntarios basados en el consenso que sean flexibles y adaptables a lo largo del tiempo. Cuando sea necesaria la regulación, el DOT buscará reglas que no sean tan prescriptivas y basadas en el rendimiento

---

<sup>78</sup> Departamento de Transporte de los Estados Unidos de Norte América.

como sea posible. Como punto de partida y en el futuro, el Departamento interpretará y, de conformidad con todos los requisitos de notificación y comentario aplicables, adaptará las definiciones de "conductor" y "operador" para reconocer que dichos términos no se refieren exclusivamente a un ser humano, sino que también pueden de hecho se incluye un sistema automatizado.

## **México**

Se encuentra en el lugar número 23 de la lista, donde sus políticas y legislaciones están en el lugar 24, la innovación y tecnología en el 23, su infraestructura en el 22 y la aceptación por parte de los ciudadanos en el lugar 21. Frente al resto de los países obtuvo una puntuación de 7.73

El nuevo acuerdo comercial de México con los EE. UU y Canadá puede implicar la transferencia de tecnología AV, aunque hay espacio para la mejora de la infraestructura. Ya que México se está integrando con mayor profundidad con EE. UU y Canadá y ya que los fabricantes de esos dos países invierten en vehículos autónomos, es probable que México participe en el desarrollo de los mismos.

El acuerdo de USMCA requiere que el 75 por ciento de las piezas de vehículos usadas localmente se fabriquen dentro de los tres países para 2023, un aumento del 62.5 por ciento bajo el Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Los cambios recientes en el gobierno federal de México han frenado el progreso a nivel nacional en términos de vehículos eléctricos y autónomos, y la infraestructura vial es generalmente débil. Es más probable que las administraciones locales realicen trabajos de preparación, o que la industria también juegue un papel importante, ya que por ejemplo Tesla amplía su red de puntos de carga en el país. (KPMG International, 2019).



## **7.2 ¿Qué debe cambiar en la legislación de transporte en la Ciudad de México?**

Como se mencionó, México posee la posición 23 de 25 ya que presenta carencias que sin duda pueden convertirse en áreas de oportunidad. (KPMG México, 2018)

- En México no existen regulaciones aparentes para pruebas de vehículos autónomos, lo que supone un gran rezago frente a las políticas de otros países que han ido cambiando en los últimos 4 años y cuya finalidad es preparar la llegada de esta clase de vehículos.
- Las condiciones económicas y políticas del país crean barreras para tomar acciones que permitan adoptar esta tecnología en un futuro cercano.
- El país presenta carencias de investigación y desarrollo en vehículos autónomos, aunque el Foro Económico Mundial le confiere una puntuación media en disponibilidad de nueva tecnología.
- La falta de pruebas activas de vehículos autónomos contribuye a su baja aceptación en el consumidor pues al existir desconocimiento del tema se crea una brecha entre la tecnología y la aceptación de la misma.

### **Conclusiones del capítulo**

Como es de esperarse y se ha denotado a lo largo de esta investigación, existen algunos países pioneros que han dedicado tiempo, esfuerzos y otros recursos tanto en el desarrollo de los vehículos autónomos como en la preparación que su implementación requiere, uno de los puntos principales es la creación y modificación de las legislaciones existentes con lo que a la conducción se refiere la modificación y adaptación de películas. Estos cambios les han permitido comenzar a realizar las pruebas necesarias para lograr una correcta implementación y mantener una mejora constante, dándoles una ventaja sobre los otros países que aún no han realizado estos cambios, y que no se encuentran preparados para la adopción de esta tecnología. Es importante y necesario que los países evalúen las necesidades y demandas de sus ciudadanos dado que no todos podrían poner en marcha esta tecnología.

## **CAPÍTULO 8. ¿CÓMO IMPLEMENTAR VEHÍCULOS AUTÓNOMOS EN LA CIUDAD DE MÉXICO?**

### **8.1 Consideraciones para la implementación de vehículos autónomos en la Ciudad de México**

Como se mencionó en el capítulo anterior, México necesita una serie de cambios que debe aplicar y mejorar para lograr una correcta adopción de los vehículos autónomos. La ciudad de México se caracteriza por poseer una mayor y mejor infraestructura en cuanto a transporte de refiere en el país, sin embargo, debemos tener en cuenta el grado de influencia que el gobierno representa frente a la adopción de estos vehículos. Las consideraciones son:

- El primer paso para lograr que la Ciudad de México figure en un nivel más alto dentro de los países mejor posicionados para la adopción de los vehículos autónomos, es el buscar alianzas con automotrices o con empresas del sector privado que le permitan crear un vínculo de unión, teniendo como objetivo común poner vehículos piloto en áreas estratégicas de la ciudad para recabar información del tráfico, de manejo y de las condiciones de las vialidades, el VA deberá contar con un conductor como piloto para realizar cualquier maniobra en caso de ser necesario, con esto se lograría comenzar el almacenamiento de información necesaria para el resto de la flotilla, así como empezar el proceso de aceptación de esta tecnología por parte de los ciudadanos.
- El segundo paso es realizar una inversión en las redes de telefonía 5G. Como es bien sabido, las redes de telefonía jugarán un papel importante para el manejo oportuno de los vehículos autónomos, y pese a que compañías como Telcel y ATT&T se encuentran trabajando en ello el desarrollo de esta tecnología no se compara con la de otros países, Reino Unido, por ejemplo, posee una completa planeación para el despliegue de las redes y en el año 2019 ya están funcionando. México por su parte no es pionero en la investigación y desarrollo de las redes 5G. Dentro de este paso también puede considerarse la adecuación en las carreteras y centros de carga que

deberán estar distribuidos a lo largo de la ciudad, en un principio ubicados en las zonas de pruebas.

- El tercer paso es seguir creando y manteniendo alianzas que permitan mantener una inversión constante en la puesta en marcha del despliegue de flotillas de VA que continúen mapeando la ciudad y recabando información. Aunado a esto se debe comenzar la inversión en la infraestructura de vialidades, pues pese a que existen calles en óptimas condiciones para el tránsito de los VA existen horas zonas en la ciudad que pueden resultar peligrosas para el vehículo.

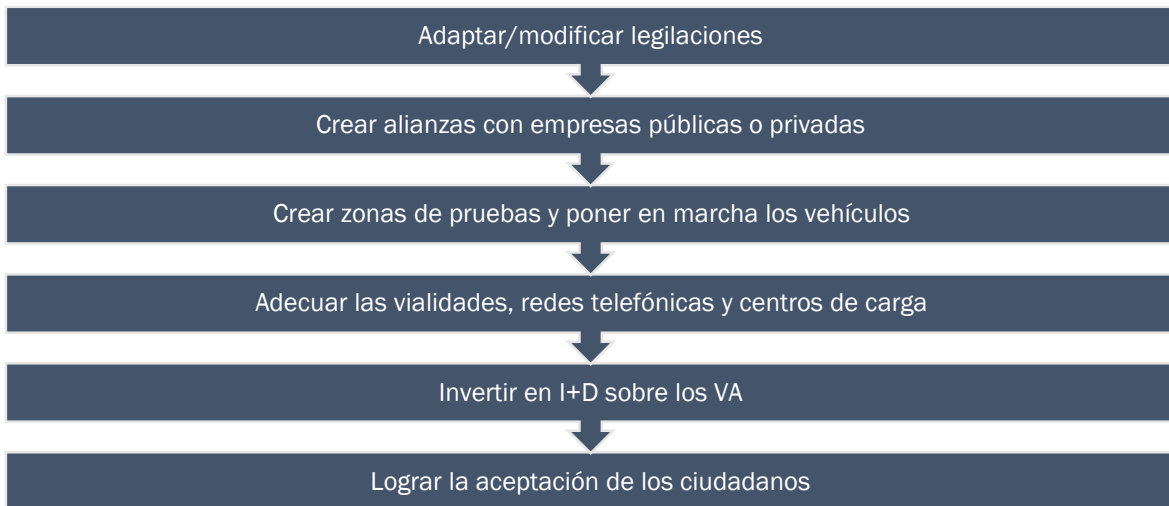
El cuarto paso es diversificar y mantener las alianzas estratégicas con industrias automotrices u otras industrias, logrando con ello asegurar la inversión en investigación y desarrollo. Debe tenerse en cuenta que es necesario crear y mejorar la investigación de esta área para posicionar a México como un país preparado para la innovación y adopción de las tecnologías que están por venir, tal es el caso de las ciudades inteligentes.

A lo largo de estos pasos es conveniente y necesario que conforme las pruebas de los VA en carreteras avancen también lo hagan las regulaciones, leyes y legislaciones de la ciudad, lo que permitirá una constante mejora y adaptación que a su vez se traducirá en las normas bajo las cuales se regirán los VA.

- El quinto paso está relacionado con la aceptación por parte de los ciudadanos y la forma en la que esta debe crearse, un método utilizado por otros países como Estados Unidos es implementar el uso de los vehículos como auto-repartidores, la Ciudad de México podría realizar convenios con supermercados ubicados en zonas estratégicas que repartieran algunos artículos a domicilio, el vehículo en un principio deberá estar acompañado por un piloto atento al camino en todo momento, esto permitirá a los usuarios ir asimilando la idea del uso de los VA y a su vez saber que el vehículo puede ser controlado por un humano de ser necesario. Otra forma de introducir estos autos y lograr la aceptación es por medio de uniones o alianzas con plataformas como lo son Uber y Didi, el VA podría realizar viajes que cubran

un área de prueba permitiendo a los usuarios interactuar de una forma más cercana con el vehículo y creando en ellos una perspectiva de seguridad y confianza. Por supuesto el censar a la población en busca de opiniones acerca de estos vehículos es otra idea que debe considerarse, pues de ella pueden obtenerse soluciones a problemas que puedan presentarse, hablar con los usuarios es una gran forma de conocer su percepción.

## 8.2 Pasos para una correcta adopción de los vehículos autónomos



## 8.3 Propuesta de uso ante la implementación de vehículos autónomos en la Ciudad de México

Ante el estudio de todos los temas tratados a lo largo de este documento se ha llegado a la conclusión que al hacer uso de este tipo de transporte para el progreso de vida de los ciudadanos se lograría atraer consigo una serie de cambios significativos que se describirán a continuación.

Los VA no deben ser tratados como los automóviles actuales, debemos tener en cuenta la importancia que esta nueva tecnología ofrece, al aumentar el parque vehicular o flotillas de VA debe verse reducido el de vehículos comunes, puesto que esos vehículos son capaces de transportarse por sí mismos no es necesario ni redituable tener a un VA aparcado en un estacionamiento sino más bien hacer uso de todo lo que este ofrece, considerando que un automóvil es un bien pasivo que

se devalúa conforme el tiempo transcurre lo mejor es obtener provecho de este y convertirlo en un activo que además de proveer un servicio genere ingresos.

Dicho esto se debe ejemplificar el uso que se propone como mejora, los VA deben ser utilizados como un medio de transporte público más y como la unificación de una red integral de transporte, el objetivo es que una vez generada la confianza en los usuarios, estos prefieran realizar sus traslados diarios en los VA y no en un vehículo común, comenzando quizá por enlazar y realizar las conexiones necesarias para trasladar a los usuarios a sus nuevas rutas destino, un ejemplo de esto podría ser que los habitantes de la alcaldía de Milpa Alta o Xochimilco se trasladen a la estación más cercana del tren ligero junto con otros pasajeros para realizar las conexiones consiguientes que los llevan a su destino (en las salidas de estaciones del metro, o en las vialidades cercanas a la ruta del Metrobús), poder hacer uso de ellos en cualquier lugar y a cualquier hora del día. Esto NO se trata de mantener a los VA en constante circulación sin motivo alguno, sino más bien, tener los necesarios de acuerdo con la demanda histórica, a las horas, los días, y a la información recabada en sus viajes previos.

Para lograr lo anterior, los VA deben suponer una serie de ventajas lo suficientemente atractivas para lograr disminuir el uso de vehículos personales, algunos de esas ventajas deben estar ligadas al precio por el viaje; este debe ser menor o igual al costo en que un conductor incurre al trasladarse a su destino, puede lograrse a través de más de un viaje a la vez, con esto nos referimos a vehículos compartidos por usuarios que utilicen una ruta en común. El precio debe valer la calidad del viaje, el confort del mismo y el tiempo de traslado.

Es prudente considerar que el precio dependerá de la distancia y de los pasajeros que viajen el mismo vehículo, un punto a favor de los VA es que al ser eléctricos o híbridos no incurrirán en costos de combustible fósil.

Otro punto a favor de los VA es que al no ser necesario un conductor los pasajeros pueden emplear el tiempo de traslado en realizar las tareas que ellos elijan, que pueden ser: dormir, leer, trabajar, escuchar música, ver series o películas, todo en la comodidad del automóvil y sin las preocupaciones que el traslado y conducción

diaria demandan. Al haber menos vehículos de nivel 1, 2 o 3 y más vehículos de nivel 4 y 5 en las vialidades, el tiempo de traslado se verá reducido, así como los embotellamientos.

La forma en la que esto puede llevar a cabo es a través de alianzas estratégicas con empresas dispuestas a invertir en la tecnología, los VA podrían pertenecer a más de una empresa, compañía u órganos descentralizados como es el caso del Metrobús. El objetivo es que la inversión que se haga no suponga un riesgo tan elevado para las empresas o instituciones involucradas.

Quizá una de las formas más fáciles sea crear una aplicación que permita a los usuarios acceder a los viajes que se soliciten, dicha aplicación permitirá introducir los datos necesarios para el traslado, así como un código para acceder al vehículo y a los servicios que este ofrecerá. De esta forma un VA permanecerá en movimiento la mayor parte del día mientras sus servicios sean requeridos.

El modelo siguiente presenta una serie de actividades y recursos involucrados en la unión de un sistema de transporte que integre a los VA, como se mencionó con anterioridad las redes 5G formaran parte esencial para lograr una comunicación eficiente entre los diferentes dispositivos que estarán entrelazados, algunos de las adecuaciones que deben realizarse como parte de la aceptación de estas nuevas tecnologías son la colocación de estaciones de carga en áreas estratégicas, estacionamientos que permitan a los VA reposar en sus periodos de inactividad, centros de tránsito que controlen y monitoreen las vialidades, los accidentes que puedan ocurrir, las fluctuaciones de tránsito, las comunicaciones entre los diferentes transportes y el tiempo que tomará el traslado a los usuarios.

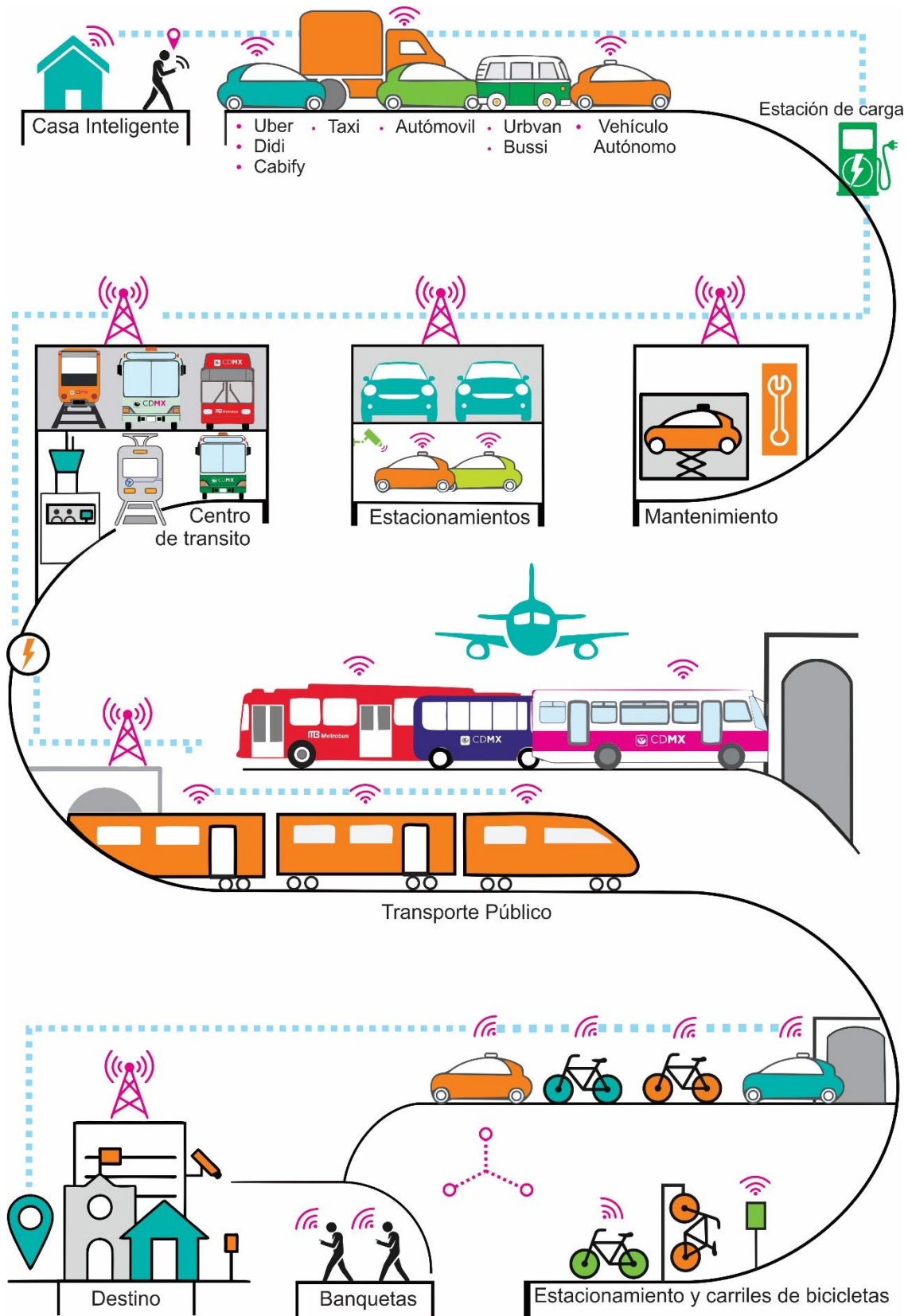


Figura 31: Aportación propia con datos del sistema de Nueva Zelanda adaptada a la CDMX. Fuente: Elaboración propia.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Beneficios que se obtendrían ante la adopción de estos servicios tecnológicos**

Como se mencionó en ocasiones anteriores, la introducción de VA en la ciudad supone una serie de beneficios que talvez no serán vistos en la primera fase de implementación pues se requerirá de un tiempo de transición en la que los usuarios comiencen a realizar más viajes a través de ellos y menos en los autos convencionales, también debe tenerse en cuenta que de acuerdo con el estudio de Audi realizado en Alemania (25th Hour – Flow, 2018) para que exista realmente un cambio sustancial el 40% de los vehículos deben ser autónomos, esto significa que en la Ciudad de México deberían reducirse 2,188,761 de vehículos actuales, y sustituirse por la misma cantidad de VA; sin embargo, se debe recordar que de acuerdo a datos del INEGI los coches son usados por 1.5 personas, si cambiamos esto a 4 personas por vehículo, se necesitarían 547 mil 190.4 VA para notar un cambio sustancial, y si a esto le agregamos el hecho que los vehículos realizarán más de un viaje al día podemos inferir que para lograr el objetivo será necesario tener 15 mil 634 vehículos autónomos en circulación, está por demás mencionar que esta cantidad de vehículos se irán agregando conforme a la oferta, demanda y la inversión por parte de las empresas involucradas.

Las ventajas visibles una vez que la implementación comience serán notorias, el tener casi 2 millones 200 mil autos menos en las calles supone una gran reducción en cuanto a emisiones de dióxido de carbono, mejorando con ello la salud de miles de personas que padecen de enfermedades a causa de la contaminación ambiental.

La reducción de ruido también será perceptible, el descenso del tiempo en un viaje traerá consigo satisfacción por parte de los ciudadanos, lo que podrá ayudar en la disminución del estrés, el incurrir en menos accidentes de tránsito ocasionara que las vialidades se encuentren despejadas para el libre traslado, de igual forma si se llegase a dar el caso y existe una colisión entre un vehículo autónomo y otro o con algún auto de nivel 1, 2 o 3, otro VA sustituirá al accidentado y trasladará a los pasajeros a su destino, el vehículo accidentado llamará a la aseguradora y de ser necesario a los paramédicos, en estos casos las empresas dueñas de los VA serán las que tendrán a los VA asegurados.



Las personas con discapacidades podrán hacer uso de estos autos según requieran, ya sea en compañía de un tutor o solos, los niños o personas no aptas para conducir podrán hacer uso de estos vehículos y el auto le permitirá conocer al responsable la ubicación exacta de los pasajeros.

Estas situaciones crearían una disminución en la tasa de mortalidad causada por accidentes automovilísticos.

### **El transporte inteligente un sector en crecimiento**

Según un estudio realizado por Markets&markets (2018) el sector ITS estará valorado en casi 34,000 millones de dólares en 2020, con un crecimiento interanual de más del 11% de 2014 hasta ese año. Según Grand View Research, el valor global del mercado del transporte inteligente en 2012 era de 14,600 millones de dólares, y se espera que alcance los 38,600 millones en 2020 con un crecimiento interanual del 13%. El principal motor de este crecimiento irá de la mano del ATMS (Advanced Traffic Management System o sistema para la gestión avanzada del tráfico), que en 2013 supuso un 39,9% del total del volumen de negocio de ITS, junto con ATIS (Advanced Traveler Information Systems) o ATPS (Advanced Transportation Pricing Systems). Los sistemas avanzados de transporte público (APTS) son los que se prevé que crecerán más hasta 2020 con un 13,7% interanual. En este campo están implicadas tecnologías de monitorización y gestión a partir de cámaras, sensores instalados en los vehículos o en las carreteras y sistemas de comunicación de corta y larga distancia.

De igual forma y de acuerdo con un estudio publicado por Markets&markets (2018) el mercado del sistema de transporte inteligente (ITS) en carreteras se valoró en 21,88 mil millones de dólares en 2017 y se espera que tenga un valor de 30,74 mil millones de dólares para 2023, creciendo a una tasa compuesta anual de 5.65% durante el período pronosticado. El año base considerado para este informe es 2017, y el período de pronóstico para el mercado se ha considerado entre 2018 y 2023.

## **Adopción y uso de la tecnología por parte de los habitantes de la CDMX**

En la actualidad, la ciudad atraviesa una fase de mayor confianza en las soluciones tecnológicas en comparación con décadas anteriores. Puede que no sea una confianza ciega en la tecnología, pero su grado de aceptación es mucho mayor. La electrónica y la informática han avanzado tanto que posibilitan nuevas concepciones de infraestructura del transporte y de los sistemas de movimiento. Aunque muchos problemas persisten e incluso han empeorado y la movilidad sostenible se ha convertido en un nuevo desafío; desafortunadamente, la planificación deficiente, la inversión limitada, el enfoque a corto plazo, la falta de confianza en el modelado y la toma de decisiones estratégicas han llevado a la conclusión de que los problemas mencionados no desaparecen simplemente con la aplicación de mejoras técnicas de gestión del tráfico, ya que estos problemas generalmente reaparecen con mayor fuerza cubriendo áreas más grandes y adoptando nuevas formas que son aún más difíciles y complejas de manejar.

Es evidente que un buen sistema de transporte implica las oportunidades para satisfacer dichas necesidades, así como un sistema muy congestionado o mal conectado limita las opciones de movilidad y por tanto el desarrollo económico y social.

En la Ciudad de México la implementación de los vehículos autónomos supondría una mejora considerable en las áreas sociales, ambientales, económicas y como se expuso a lo largo de esta investigación, los vehículos autónomos reducirían de manera significativa las emisiones contaminantes y agilizarían los tiempos de traslado entre otros beneficios, siempre y cuando sean implementados de forma correcta y siguiendo muy de cerca los pasos que han realizado otros países que han tenido éxito. A demás, los mexicanos se caracterizan por ser intrépidos característica que ayudaría a la aceptación y aprobación de los vehículos. Teniendo en cuenta los párrafos anteriores se concluye que se acepta la hipótesis principal.

Sin embargo, a la ciudad le hace falta cumplir con varios factores y recursos primordiales que permitan el buen desarrollo y uso de esta tecnología. Dentro de estos recursos se encuentra tanto la correcta infraestructura vial como la de comunicación ya que las redes 5G serán un servicio primordial para la conectividad

entre los vehículos y todos los sistemas inteligentes de transporte; las redes 5G al poseer un tiempo de latencia entre los 1 y 5 milisegundos permiten una comunicación casi instantánea y son un recurso clave con el que se debe contar.

Otro factor a considerar son las nuevas leyes, legislaciones y reglas en la conducción que las instituciones gubernamentales deben cambiar, mejorar o crear, todo con la finalidad de obtener un nuevo reglamento de tránsito y normas para un correcto uso del servicio o vehículo.

Quizás el elemento con mayor relevancia en la implementación de los vehículos autónomos es colocar la primera flotilla de estos vehículos en la ciudad, pues para ello será necesario la colaboración e inversión del sector público como del privado, es en ese momento donde se definirán los términos y condiciones de la unión y antes de lanzar los vehículos para realizar los primeros recorridos deberá existir toda una planeación del desarrollo, implementación y puesta en marcha de los mismos. Estas colaboraciones podrían llevar algunos meses en concretarse, dependerá de cómo el gobierno de la ciudad determine cuál será la mejor forma de realizar dichas cooperaciones, por ejemplo, podría lanzar convocatorias, invitar específicamente a ciertas empresas o contactar con determinadas automotrices, será la unión de todas ellas las que decidan la forma de actuar, el cuándo y el cómo se llevara a cabo la planeación, que porcentaje de inversión les corresponderá, quién se hará cargo de qué.

Sin duda, la introducción y el uso eficiente de los vehículos autónomos mejoraría significativamente la movilidad en la Ciudad de México, aceptando con ello la pregunta principal. Sin embargo, con los puntos anteriores se puede concluir que en este momento y quizá en los próximos cinco años la implementación de los vehículos autónomos no es factible y la ciudad no está lista para ella.

## Bibliografía

- ABC Noticias. (25 de mayo de 2018). *Conoce el cambio de DF a CDMX*. Obtenido de ABC Noticias: <https://www.abcnoticias.mx/conoce-el-cambio-de-df-a-cdmx/106738>
- Ahorra seguros. (15 de Marzo de 2018). *Ahorra seguros*. Obtenido de <https://ahorraseguros.mx/seguros-de-autos/transito/fotomultas-en-la-cdmx/>
- Álvarez, R. (4 de mayo de 2018). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/automovil/los-30-taxis-autonomos-de-lyft-superan-sus-primeras-pruebas-y-ahora-cualquier-persona-en-las-vegas-puede-solicitar-uno>
- Arena Pública. (29 de 06 de 2018). Contaminación acústica, enfermedad invisible de la CDMX; en 2018 van 465 denuncias por ruido. Obtenido de <https://www.arenapublica.com/articulo/2018/06/29/12255/contaminacion-acustica-cdmx-ruido-denuncias-paot>
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros. (20 de 11 de 2018). *AMIS*. Obtenido de <https://www.elfinanciero.com.mx/mercados/el-sector-asegurador-en-mexico-crecera-solo-6-5-este-ano-amis>
- Audi the Karlsruhe Institute for Technology. (09 de septiembre de 2018). 25th Hour – Flow. *Audi MediaCenter*. Ingolstadt/San Francisco. Obtenido de 25th Hour – Flow: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/press-releases/audi-study-no-congestion-in-the-city-of-the-future-10736>
- AutoBild. (10 de Agosto de 2015). *AutoBild.es*. Obtenido de <https://www.autobild.es/contenido-patrocinado/especial-toyota-que-es-como-funciona-coche-autonomo-262119>
- Ávila, J. A. (14 de diciembre de 2016). *Vehículos autónomos e inteligencia artificial; hitos legales y retos jurídico tecnológicos*. Obtenido de Elderecho.com: [http://tecnologia.elderecho.com/tecnologia/internet\\_y\\_tecnologia/Vehiculos-autonomos-inteligencia-artificial-retos-juridicos\\_11\\_1032430003.html](http://tecnologia.elderecho.com/tecnologia/internet_y_tecnologia/Vehiculos-autonomos-inteligencia-artificial-retos-juridicos_11_1032430003.html)
- Barbaresso, J., Cordahi, G., Garcia, D., Hill, C., Jendzejec, A., & Wright, K. (2014). *USDOT's Intelligent Transportation Systems (ITS) ITS Strategic Plan 2015-2019*. Washington, DC: U.S department of transportation.
- Barredo, A. (11 de Abril de 2017). Coches autónomos. (L. d. Hernández, Entrevistador) Obtenido de [https://programarfacil.com/podcast/coche-autonomo-estado-del-arte/#Coche\\_autonomo\\_que\\_es](https://programarfacil.com/podcast/coche-autonomo-estado-del-arte/#Coche_autonomo_que_es)
- Bellman, R. (1978). *An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think?* Estados Unidos: Boyd & Fraser.
- Benny, M., Marquez Barja, J., Mitre Campista, M. E., Cagánová, D., Chaouchi, H., Zeadally, S., & Badra, M. (2015). *Internet of Thing*. Italia: Springer.

- Bettisworth, C., Burt, M., Chachich, A., Harrington, R., Hassol, J., Kim, A., . . . Wallischeck, E. (2015). *Status of the Dedicated Short-Range Communications Technology and Applications*. Estados Unidos: U.S. Department of Transportation.
- Bloomberg. (25 de Julio de 2018). *Bloomberg*. Obtenido de <https://www.bloomberg.com/graphics/gas-prices/#20181:Mexico:MXN:l>
- BMW. (2019). *BMW Personal CoPilot: Autonomous Driving | BMW*. Obtenido de <https://www.bmw.com.mx/es/topics/fascination-bmw/bmw-autonomous-driving.html?bmw=grp:BMWcom:the-development-of-self-driving-cars%20:nsc-teaser>
- BMW. (2019). *El camino hacia la conducción autónoma*. Obtenido de <https://www.bmw.com/es/innovation/el-futuro-de-los-coches-autonomos.html>
- Bureau, M. (18 de julio de 2018). <https://www.motorpasion.com.mx/industria/estos-paises-mejor-preparados-para-llegada-coches-autonomos>. Obtenido de Motor Pasión México: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/estos-paises-mejor-preparados-para-llegada-coches-autonomos>
- Capital. (21 de Diciembre de 2017). *Capital México*. Obtenido de <http://www.capitalmexico.com.mx/metropolitano/parquímetros-cdmx-zonas-costos-horarios/>
- CDMX Servicios de transporte eléctricos. (15 de mayo de 2018). *Servicios de transporte eléctricos*. Obtenido de <http://www.ste.cdmx.gob.mx/tren-ligero>
- CDMX Servicios de transportes eléctricos. (15 de mayo de 2018). *Servicios de transportes eléctricos*. Obtenido de <http://www.ste.cdmx.gob.mx/red-de-servicio/lineas-de-trolebus>
- CEPYMEnews. (4 de julio de 2018). *Características y usos del Internet de las Cosas*. Obtenido de CEPYMEne: <https://cepymenews.es/caracteristicas-usos-internet-cosas/>
- Chávez, P. S. (2014). *Sistemas inteligentes de transporte*. Ciudad de México.
- Chávez, V. (26 de Octubre de 2017). *El financiero*. Obtenido de <http://www.elfinanciero.com.mx/nacional/pide-el-metro-50-mmdp-para-mejorar-su-servicios>
- Cision PR Newswire. (4 de febrero de 2018). *Hyundai Showcases World's First Self-driven Fuel Cell Electric Vehicle*. Obtenido de <https://www.prnewswire.com/news-releases/hyundai-showcases-worlds-first-self-driven-fuel-cell-electric-vehicle-300592715.html>
- Cisneros, Ó. (2009). Los sistemas anticolidión. *e-Safety: Nuevas tecnologías al servicio de la seguridad vial*, 5. Obtenido de [132](http://www.centro-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

zaragoza.com:8080/web/sala\_prensa/revista\_tecnica/hemeroteca/articulos/R41\_A7.pdf

Comisión Europea. (2016). *Estrategia europea sobre los sistemas de transporte inteligentes cooperativos, un hito hacia la movilidad cooperativa, conectada y automatizada*. Bruselas.

Congreso de la Ciudad de México. (2018). *Decreto por el que expide el presupuesto de egresos de la Ciudad de México para el ejercicio fiscal 2019*. Ciudad de México: Gaceta oficial de la Ciudad de México.

Daza, J. A. (2002). *Señales de mensajes variables para el conductor del tránsito vehicular*. Sanfandila, Queretaro. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt192.pdf>

Embajada de España en Países Bajos. (diciembre de 2017). *Consejería de empleo y seguridad social*. Obtenido de [http://www.mitramiss.gob.es/es/mundo/consejerias/paisesBajos/consejeria/contenidos/GUIA\\_DE\\_PAIS-ACOGIDA\\_HOLANDA\\_diciembre2017.pdf](http://www.mitramiss.gob.es/es/mundo/consejerias/paisesBajos/consejeria/contenidos/GUIA_DE_PAIS-ACOGIDA_HOLANDA_diciembre2017.pdf)

Equinsa Parking. (14 de Mayo de 2018). *Equinsa parking*. Obtenido de <https://equinsaparking.com/soluciones-de-gestion/sistema-guiado-de-vehiculos/>

Espeso, P. (12 de mayo de 2015). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/internet-of-things/las-3-tecnologias-clave-para-el-internet-de-las-cosas>

Excelsior. (19 de Enero de 2018). *Excelsior*. Obtenido de <https://www.excelsior.com.mx/comunidad/2018/01/19/1214535>

Forbes. (16 de mayo de 2018). *Forbes México*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/cdmx-la-quinta-ciudad-mas-habitada-en-el-mundo-onu/>

Ford Corporativo. (2018). *Ford Blog*. Obtenido de <https://www.ford.mx/blog/innovacion/tecnologia-autonoma-entrega-pizza/>

Ford Media Center. (14 de noviembre de 2018). *Ford, Walmart and Postmates Team Up for SelfDriving Goods Delivery*. Obtenido de [https://s22.q4cdn.com/857684434/files/doc\\_news/2018/11/Ford-Walmart-and-Postmates-Team-Up-for-Self-Driving-Goods-Delivery.pdf](https://s22.q4cdn.com/857684434/files/doc_news/2018/11/Ford-Walmart-and-Postmates-Team-Up-for-Self-Driving-Goods-Delivery.pdf)

Gaceta Oficial de la Ciudad de México. (2018). *Ley de Ingresos de la Ciudad de México para el Ejercicio Fiscal 2019*. Ciudad de México: Gobierno de la Ciudad de México. Obtenido de [http://data.fmpt.cdmx.gob.mx/121.1/Ley\\_de\\_Ingresos\\_de\\_la\\_Ciudad\\_de\\_M%C3%A9xico\\_para\\_el\\_ejercicio\\_fiscal\\_2019.pdf](http://data.fmpt.cdmx.gob.mx/121.1/Ley_de_Ingresos_de_la_Ciudad_de_M%C3%A9xico_para_el_ejercicio_fiscal_2019.pdf)

- García, E. R. (6 de enero de 2018). *Países en los que el transporte público ya es autónomo*. Obtenido de <https://omicro.no.elespanol.com/2018/01/paises-buses-autonomo-transporte-publico/>
- General Motors. (2017). *Informe de Responsabilidad Social*. Ciudad de México: Allant.
- Gestión Transparente. (15 de Febrero de 2018). Obtenido de [http://www.gestiontransparente.cdmx.gob.mx/index.php/CierreGestion/indicadoresDetalle?ejercicio=2017&id\\_indicador=1&indicador=PRESUPUESTO%20ANUAL&id\\_ente=50&ente=SISTEMA%20DE%20TRANSPORTE%20COLECTIVO&total=%2416%2C573%2C051.40#cuerpo](http://www.gestiontransparente.cdmx.gob.mx/index.php/CierreGestion/indicadoresDetalle?ejercicio=2017&id_indicador=1&indicador=PRESUPUESTO%20ANUAL&id_ente=50&ente=SISTEMA%20DE%20TRANSPORTE%20COLECTIVO&total=%2416%2C573%2C051.40#cuerpo)
- Gestión Transparente de la Ciudad de México . (2 de agosto de 2018). Obtenido de [http://www.gestiontransparente.cdmx.gob.mx/index.php/CierreGestion/indicadoresDetalle?ejercicio=2018&id\\_indicador=1&indicador=PRESUPUESTO%20ANUAL&id\\_ente=181&ente=SISTEMA%20DE%20MOVILIDAD%20%0A&total=%241%2C782%2C495.27#cuerpo](http://www.gestiontransparente.cdmx.gob.mx/index.php/CierreGestion/indicadoresDetalle?ejercicio=2018&id_indicador=1&indicador=PRESUPUESTO%20ANUAL&id_ente=181&ente=SISTEMA%20DE%20MOVILIDAD%20%0A&total=%241%2C782%2C495.27#cuerpo)
- Gobierno de la Ciudad de México. (s.f.). *CDMX Ciudad de México*. Recuperado el 20 de agosto de 2018, de <http://www.cdmx.gob.mx/cdmx/sobre-nuestra-ciudad>
- González, G. A. (3 de diciembre de 2017). *Vehículo Autónomo*. Obtenido de definicionabc: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/vehiculo-autonomo.php>
- González, J. R. (2015). Sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías en el control y administración del transporte. *Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede Tunja*, 10.
- Government of the Netherlands. (2019). *Mobility, public transport and road safety*. Obtenido de <https://www.government.nl/topics/mobility-public-transport-and-road-safety>
- Grupo PSA. (30 de enero de 2019). *Grupo PSA inicia sus pruebas de manejo autónomo en China*. Obtenido de <https://ar-media.groupe-psa.com/es-ar/groupe-psa-inicia-sus-pruebas-de-manejo-aut%C3%B3nomo-en-china>
- Haugeland, J. (1988). *La inteligencia artificial*. Massachusetts : The Massachusetts institute of thecnology.
- Hernandez, E. (Julio de 25 de 2018). Necesitan 2mmdp para arreglar el tren ligero. *El universal*, pág. 1.
- Hernández, L. (8 de enero de 2019). *Toyota presenta un nuevo vehículo autónomo durante el CES 2019*. Obtenido de <https://noticias.autocosmos.com.mx/2019/01/08/toyota-presenta-un-nuevo-vehiculo-autonomo-durante-el-ces-2019>

- Heutger, M., & Kückelhaus, M. (2016). *Self-driving vehicles in logistics*. Obtenido de A DHL perspective on implications and use case for the logistics industry: <https://discover.dhl.com/content/dam/dhl/downloads/interim/full/dhl-self-driving-vehicles.pdf>
- INEGI . (2017). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas: [https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=](https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=)
- INEGI. (Diciembre de 2017). Obtenido de Intituto Nacional de Estadística y Geografía: [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=13158)
- INEGI. (2018). Recuperado el 28 de marzo de 2019, de [https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryDatos.asp?c=](https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?c=)
- INEGI. (18 de julio de 2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/tabulados/?nc=100100043>
- INEGI. (20 de julio de 2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/tabulados/?nc=100100044>
- INEGI. (20 de enero de 2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/tabulados/?nc=100100045>
- INEGI. (19 de Febrero de 2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de [http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/EstSociodemo/OrgenDest2018\\_02.pdf](http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2018/EstSociodemo/OrgenDest2018_02.pdf)
- INEGI. (15 de julio de 2018). *Intituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/tabulados/?nc=100100041>
- Inteligencia artificial: la tecnología clave detrás de los coches autónomos*. (14 de enero de 2018). Obtenido de Aetecno: <https://tecno.americaeconomia.com/articulos/inteligencia-artificial-la-tecnologia-clave-detras-de-los-coches-autonomos>
- John Krafcik. (7 de mayo de 2019). *Waymo*. Obtenido de <https://medium.com/waymo/partnering-with-lyft-to-serve-more-riders-in-metro-phoenix-a9ce8709843e>
- Kalra, N., Anderson, J. M., Stanley, K. D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O. A. (2016). *Autonomous Vehicle Technology a Guide for Policymakers*. Santa Monica, California: RAND Corporation.
- KPMG International. (2019). *Autonomous Vehicles Readiness Index*. 7.



- KPMG México. (18 de Julio de 2018). Obtenido de ¿Estamos listos para la revolución de vehículos autónomos?: <https://home.kpmg/mx/es/home/tendencias/2018/08/estamos-listos-para-la-revolucion-de-vehiculos-autonomos.html>
- M1. (2018). *Sistema de Movilidad 1*. Obtenido de <http://sm1.cdmx.gob.mx/red-de-rutas>
- Markets&markets. (marzo de 2018). *Markets&markets*. Obtenido de [https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/intelligent-transport-systems-its-market-764.html?gclid=CjwKCAjwns\\_bBRBCEiwA7AVGHv-h-PyYIHpddL39I2-T4m6YQqQwIFa51veKzetr2PLjJPp3X-c0yBoCtYsQAvD\\_BwE](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/intelligent-transport-systems-its-market-764.html?gclid=CjwKCAjwns_bBRBCEiwA7AVGHv-h-PyYIHpddL39I2-T4m6YQqQwIFa51veKzetr2PLjJPp3X-c0yBoCtYsQAvD_BwE)
- MB Metrobús. (3 de junio de 2018). *CDMX MB Metrobús*. Obtenido de <http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/faq.html>
- Montoro González, L., Martí-Belda Bertolín, A., Lijarcio, I., Bosó, P., & López, C. (2017). *Coche Autónomo, seguridad vial y formación de conductores*. Valencia, España.
- Nila, G. R. (28 de julio de 2008). *Brújula de compra*. Obtenido de Dispositivos de localización satelital o radio frecuencia: [https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj\\_2008/bol86\\_satelite.asp](https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2008/bol86_satelite.asp)
- Pantzer, R. (15 de abril de 2016). *Gobernarte*. Recuperado el 15 de agosto de 2018, de <https://blogs.iadb.org/gobernarte/2016/04/15/singapur-y-su-tecnologia-de-vanguardia/>
- Portal de Transparencias y Acceso a la Información Pública. (13 de 7 de 2018). *Presupuesto ejercido por rubros y capítulos de Metrobús. Ejercicio 2018*. Obtenido de [http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/transparencia/art121\\_XXIIa\\_2018.html](http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/transparencia/art121_XXIIa_2018.html)
- Ramírez, L. (2016). *Vehículos Autónomos*. Paraguay: Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”.
- Rastelli, J. M. (2012). *Agentes de control de vehículos autónomos en entornos*. Madrid: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/15311/1/T33773.pdf>
- Rodrigues, J., Dekel, E., & Mandler, B. (2014). *Internet of Things. User-Centric IoT*. Italia: Springer.
- Rodríguez, M. (5 de junio de 2015). *La transición a los vehículos autónomos: ventajas e inconvenientes*. Obtenido de IA Observatorio: <http://observatorio-ia.com/la-transicion-los-vehiculos-autonomos>
- Samsung Newsroom. (6 de diciembre de 2018). *Samsung and KOTSA to Build 5G–V2X Test Zone for Connected Cars and Autonomous Vehicles*. Obtenido de

<https://news.samsung.com/us/samsung-kotasa-build-5g-v2x-test-zone-connected-cars-autonomous-vehicles/>

Sayeg, P., & Charles, P. (2006). *Sistemas de Transporte Inteligente*. Alemania: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

Sayeg, Phil; Charles, Phil;. (2006). *Sistemas de Transporte Inteligente*. Alemania: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2001). *Programa sectorial de comunicaciones y transportes 2001-2006*. Ciudad de México: Coordinación General de Planeación y Centros SCT. Obtenido de [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/CAP-09.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/CAP-09.pdf)

Secretaría de Protección Civil. (2017). Contaminación acustica en la Ciudad de México. 2. Obtenido de [http://proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/swbcalendario\\_ElementoSeccion/169/CONTACUS.PDF](http://proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/swbcalendario_ElementoSeccion/169/CONTACUS.PDF)

Secretaría del Medio Ambiente. (10 de Mayo de 2018). *SEDEMA*. Obtenido de <http://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnml=&dc=%27Zw=>  
=

Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. (2018). *Incidencia Delictiva del Fuero Común*. Ciudad de México: Secretaria de Gobernación. Obtenido de <http://secretariadoejecutivo.gob.mx/docs/pdfs/nueva-metodologia/CNSP-Delitos-2018.pdf>

Serrano, A. R. (18 de febrero de 2018). *¿Qué es la inteligencia artificial?* Obtenido de BBVA: <https://www.bbva.com/es/que-es-la-inteligencia-artificial-2/>

Servicios de Transportes Eléctricos. (1 de agosto de 2019). Obtenido de <https://www.ste.cdmx.gob.mx/taxi-electrico>

Sheridan, C. (27 de Junio de 2018). *Gulf Coast Enviromental Systems*. Obtenido de <http://gcesystems.mx/reduccion-de-nox/>

Siemens. (s.f.). Recuperado el 15 de agosto de 2018, de <https://www.siemens.com/global/en/home/company/topic-areas/ingenuity-for-life/zhuhai.html>

Silberg, G., Mayor, T., Anderson, J., Dubner, T., Edin, P., Lakshman, B., & Sukanuma, Y. (2016). I see, I think, I drive. (I learn) How deep lerning ir revolutioniig the way we interact with our cars. *Klynveld Peat Marwick Goerdeler (KPMG) Interational*, 9-10. Obtenido de <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/se/pdf/komm/2016/se-isee-ithink-idrive-ilearn.pdf>

Silberg, G., Mayor, T., Anderson, J., Dubner, T., Edin, P., Lakshman, B., & Sukanuma, Y. (2016). I see, I think, I drive. (I learn) How deep lerning is

revolutionizing the way we interact with our cars. *Klynveld Peat Marwick Goerdeler (KPMG) International*, 14.

Sipse. (4 de Abril de 2017). Obtenido de Sipse: <https://sipse.com/mexico/en-mexico-se-venden-los-nueve-vehiculos-mas-seguros-249039.html>

Sistema de Transporte Colectivo Metro. (2018). *Plan maestro del metro 2018-2030*. Ciudad de México. Obtenido de [https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de%20Mas%20informacion/planmaestro18\\_30.pdf](https://metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Metro%20Acerca%20de%20Mas%20informacion/planmaestro18_30.pdf)

Sistema de transporte colectivo. (2017). *Diagnóstico sobre el servicio y las instalaciones del sistema de transporte colectivo 2013-2018*. <https://www.metro.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Banners/diagnostico.pdf>

Subsecretaría de Control de Tránsito. (3 de junio de 2019). Obtenido de Subsecretaría de Control de Tránsito: <http://www.ssp.df.gob.mx/transito.html>

Technology, Massachusetts Institute of. (2017). *Moral Machine*. Obtenido de <http://moralmachine.mit.edu/hl/es>

Tecnocarreteras. (11 de abril de 2011). *Tecnocarreteras*. Obtenido de <https://www.tecnocarreteras.es/2011/04/11/que-son-los-sistemas-inteligentes-de-transporte-its/>

Tellez, E. (28 de febrero de 2019). BMW Group y Daimler AG desarrollarán conjuntamente tecnologías de nueva generación para la conducción autónoma. *Comunicado de prensa*. Obtenido de <https://www.press.bmwgroup.com/mexico/article/detail/T0292587ES/bmw-group-y-daimler-ag-desarrollar%C3%A1n-conjuntamente-tecnolog%C3%ADas-de-nueva-generaci%C3%B3n-para-la-conducci%C3%B3n-aut%C3%B3noma?language=es>

Tesla. (26 de octubre de 2018). *Introducing Navigate on Autopilot*. Obtenido de [https://www.tesla.com/es\\_MX/blog/introducing-navigate-autopilot](https://www.tesla.com/es_MX/blog/introducing-navigate-autopilot)

TOMTOM. (25 de Octubre de 2018). *TOMTOM*. Obtenido de [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/mexico-city-traffic#statistics](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/mexico-city-traffic#statistics)

Toyota. (28 de agosto de 2018). *Global Toyota*. Obtenido de <https://global.toyota/en/newsroom/corporate/24330817.html>

U.S Department of transportation. (2018). *Preparing for the Future of Transportation, Automated Vehicles 3.0*. Recuperado el 14 de Abril de 2019, de <http://netchoice.org/wp-content/uploads/DOT-Guidelines-v3.0.pdf>

United States Department of Transportation. (7 de Julio de 2018). *National Highway Traffic Safety Administration*. Obtenido de <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>

- Villaseñor, S. Z. (2017). *insuficiencia de la regulación de los compuestos orgánicos volátiles en México*. Ciudad de México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 5 de Septiembre de 2018, de [http://www.pincc.unam.mx/7mocongreso/7O\\_CONGRESO/CCA/MIERCOLES\\_CCA/MIERCOLES\\_CCA\\_PDF/MESA\\_3/3\\_SERGIO\\_HERNANDEZ.pdf](http://www.pincc.unam.mx/7mocongreso/7O_CONGRESO/CCA/MIERCOLES_CCA/MIERCOLES_CCA_PDF/MESA_3/3_SERGIO_HERNANDEZ.pdf)
- Vivek, Skanda ; Yanni, David ; Yunker, Peter ; Silverberg, Jesse ;. (2019). *Cyber-physical risks of hacked Internet-connected vehicles*. Boston, Massachusetts: Bulletin of the American Physical Society.
- Wang, G., Wang, B., Wang, T., Nika, A., Zheng, H., & Zhao, B. Y. (2016). Defending against Sybil Devices in Crowdsourced Mapping Services. *Santa Barbara Computer Science*.
- Wendy, Z. (2017). *Netherlands: Legislation to Allow More Testing of Driverless Vehicles*. Obtenido de <http://www.loc.gov/law/foreign-news/article/netherlands-legislation-to-allow-more-testing-of-driverless-vehicles/>