

**EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE CONDUCCIÓN EFICIENTE EN VEHÍCULOS  
PARTICULARES Y SU RELACIÓN CON LA CARGA CONTAMINANTE  
PROVENIENTE DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

**ANDREA LILIANA FRANCO BURGOS**

**Monografía para optar por el título de especialista en  
Gestión Ambiental**

**Director**

**OSCAR LIBARDO LOMBANA CHARFUELAN  
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C**

**2021**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Director de la Especialización

---

Firma del Calificador

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García –Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaría General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Directora de la Especialización en Gestión Ambiental

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## DEDICATORIA

Esta monografía es dedicada a  
Octubre, Noviembre y Diciembre  
del año 2020, a mi familia  
y a mis verdaderos amigos.

## RESUMEN

El propósito de esta monografía es explicar los factores asociados que inciden en el consumo de combustible ante comportamientos habituales y estilos de conducción que presentan los conductores en sus vehículos; además explica los factores en materia de movilidad que atrofian el tránsito de los vehículos en las ciudades y que de forma directa influyen también en el consumo de combustible. Para complementar, este trabajo tiene como finalidad dar a conocer aspectos de conducción que pueden mejorarse, con el fin de optimizar al máximo el combustible del vehículo e informar algunas tecnologías que actualmente se están utilizando para aliviar el tráfico en las ciudades, así como de algunas iniciativas de cambio en el mundo que, compañías automovilísticas y distritos, están implementando o pretenden realizar en un futuro.

Así mismo este trabajo pretende dar un apoyo a personas interesadas en el área de optimización y eficiencia de combustible en vehículos particulares, resaltando las ventajas postuladas sobre la conducción ecológica y los estilos de conducción en ciudad y carretera.

**Palabras Clave:** Ciclos de conducción, Conducción ecológica, Consumo de combustible, Contaminación atmosférica por fuentes móviles, Movilidad.

## ABSTRACT

The purpose of this document is to explain the associated factors that affect fuel consumption due to the habitual behaviors and driving styles exhibited by drivers in their vehicles; it also explains the mobility factors that atrophy vehicle traffic in cities and that also directly influence fuel consumption. To complement, this work aims to publicize driving aspects that can be improved, in order to optimize the vehicle's fuel as much as possible and inform some technologies that are currently being used to alleviate traffic in cities, as well as some global change initiatives that vehicles companies and districts are implementing or intend to do in the future.

Likewise, this work aims to give support to people interested in the area of optimization and fuel efficiency in private vehicles, highlighting the advantages postulated on ecological driving and driving styles in the city and on the highway.

**Keywords:** Driving cycles, Ecological driving, Fuel consumption, Air pollution from mobile sources, Mobility.

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
Objetivo General .....	12
Objetivos Específicos .....	12
<b>1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>13</b>
1.1 Contaminación atmosférica por fuentes móviles.....	13
1.1.1 Generalidades .....	13
1.2 Tipos de contaminantes generados por vehículos.....	15
<b>2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y MANEJO EFICIENTE .....</b>	<b>19</b>
2.1 Ciclos de conducción.....	19
2.1.1 Generalidades .....	19
2.1.2 Principales ciclos de conducción internacionales .....	20
2.1.3 Importancia del estudio de ciclos de conducción sectorizado .....	23
2.2 Conducción ecológica.....	24
2.2.1 Bases de la conducción eficiente .....	24
2.2.2 Parámetros que afectan el consumo de combustible .....	25
2.2.3 Técnicas para mejorar el rendimiento del vehículo a partir de la conducción eficiente .....	30
<b>3. MOVILIDAD Y TRÁFICO .....</b>	<b>35</b>
3.1 Generalidades .....	35
3.2 Componentes que alteran la movilidad .....	36
3.3 Actividades para el control de la congestión vehicular y disminución de la contaminación atmosférica .....	40
3.4 Propuestas a largo plazo para mejorar la movilidad y disminuir cargas contaminantes.....	45
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>57</b>



## LISTADO DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Contaminación ambiental en Pekín.....	14
Figura 2. Características de los principales gases de efecto invernadero.....	15
Figura 3. ¿Cuáles son las diferencias entre el protocolo WLTP y el NEDC? .....	22
Figura 4. TomTom Cities Full Ranking 2020. ....	41
Figura 5. Emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea. ....	46
Figura 6. Comparación estructura biomimética. ....	49
Figura 7. Le Paris du 1/4 Heure. ....	52

## INTRODUCCIÓN

La sobrepoblación es uno de los problemas contemporáneos más importantes en todo el mundo, se produce cuando la elevada densidad de la población provoca consecuencias negativas para el entorno. Las secuelas que se generan afectan diversos sectores como lo es la destrucción del ecosistema, hambruna, conflictos, disminución de la calidad de vida y limitación de los recursos. Según la Comisión Europea se estima que para el año 2050 más del 85% de la población mundial viva en ciudades, lo que representa a las gobernaciones distritales un desafío gigante poder afrontar los retos próximos a esta eventualidad, sin contar con las dificultades que actualmente se tienen, debido a la precariedad en su ordenamiento territorial, falta de regulaciones y el aumento de la población que al día de hoy ya representa un problema creciente.

Tan solo en el año 2019 la Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers) reportó la venta de 91 millones de automotores a gasolina y diésel a nivel mundial y según proyectaron, este mismo año ya se encontraban en circulación 1 billón de automotores más. El aumento desbordado del uso de los automóviles ha generado gran preocupación en activistas ambientales y científicos que ven con malos ojos el impacto que los vehículos, especialmente los alimentados por combustible fósil, tienen sobre el cambio climático y la emisión de gases de efecto invernadero. Es por esto que autoridades internacionales con alianza de líderes mundiales en todo el planeta han invertido en propuestas de desarrollo e innovación que supongan la disminución de gases de efecto invernadero y reducción de contaminación atmosférica por fuentes móviles, mediante alternativas viables de implementación y ejecución en ciudades.

Si bien la solución definitiva para este problema ambiental es la eliminación total del uso de combustibles fósiles en automotores, la transición a energías limpias requiere cierto tiempo, según las Naciones Unidas, el tiempo máximo para que vehículos a combustible fósil dejen de circular en su totalidad, al menos en Europa, es de 30 años; mientras tanto es de vital importancia que el uso de combustible carburante sea utilizado de manera responsable y eficiente, maximizando sus beneficios sin llegar a malgastarlo.

Por tanto, esta monografía pretende explicar los factores asociados que inciden en el consumo de combustible debido a comportamientos habituales y estilos de conducción que presentan los conductores en sus vehículos y que a su vez, se relaciona directamente con la carga contaminante generada a la atmósfera; además explica los factores en materia de movilidad que atrofian el tránsito de vehículos en las ciudades y que de forma directa influyen en el consumo de combustible y la contaminación atmosférica en las ciudades y sus periferias. Para complementar, este trabajo tiene como finalidad dar a conocer aspectos de conducción que pueden mejorarse, con el fin de optimizar al máximo el combustible del vehículo e informar algunas tecnologías que actualmente se están utilizando para aliviar el tráfico en las ciudades, así como de algunas iniciativas de cambio en el mundo que compañías automovilísticas y distritos están implementando o pretenden realizar en un futuro.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Explicar la relación de las técnicas de conducción ecológica o eficiente con las cargas de contaminación emitidas en vehículos particulares.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar los factores que intervienen en la conducción eficiente para evaluar el rendimiento de un vehículo.
- Reconocer los elementos asociados a la movilidad de transporte que intervienen en el consumo de combustible.
- Relacionar la importancia de las técnicas de conducción ecológica con la generación de emisiones al ambiente.

## 1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

### 1.1 Contaminación atmosférica por fuentes móviles

#### 1.1.1 Generalidades

En la *Figura 1* se observa la ciudad de Pekín en China, que debido al uso masivo de vehículos rondando en la ciudad, la visibilidad del entorno se ve reducida, «Las emisiones gaseosas liberadas a la atmósfera por fuentes móviles son una de las causas de la presencia de contaminantes en la atmósfera, de acuerdo al Inventario de Emisiones Atmosféricas de México en el año 2006 los vehículos automotores son los principales emisores de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados, oxidantes fotoquímicos, partículas en suspensión, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles» (Grupo Gesta Aire - Mexico, 2012). Con la llegada del motor a combustión interna y el constante aumento en la demanda de vehículos, la tarea principal de las refinerías fue la de producir gasolina, «La gasolina es uno de los derivados más importantes del petróleo, una mezcla de hidrocarburos (moléculas de carbono e hidrógeno) que se origina de la descomposición de organismos vegetales y animales, acumulados en el fondo del mar y lagos, sepultados bajo altas presiones y altas temperaturas durante millones de años» (Guzmán, 2016). Al extraer el petróleo del subsuelo, este es conducido a una refinería y por procesos de destilación uno a uno los derivados se van condensando y produciéndose, en la actualidad cerca del 98% del crudo extraído es tratado y utilizado en diversos sectores de industria.

Figura 1.

Redacción EFEverde. (2020). Contaminación ambiental en Pekín. Disponible en: <https://www.efeverde.com/noticias/contaminacion-aire-aquae/>



Sin embargo, al considerar que el petróleo es un recurso finito, no renovable y de compuestos altamente contaminantes cuando se quema, sectores automovilísticos buscan constantemente alternativas de energía para el funcionamiento de vehículos y uso responsable del carburante.

De acuerdo a las estadísticas emitidas por la Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos (International Organization Of Motor Vehicle Manufacturers), 91 millones de vehículos fueron vendidos en el planeta tan solo en el año 2019 y según datos registrados este mismo año, aproximadamente se encontraban en circulación 1 billón de automóviles. El aumento generalizado de vehículos rodando a nivel mundial despierta gran preocupación debido a la responsabilidad parcial de estos sobre el cambio climático y a la emisión de gases de efecto invernadero por el uso de combustible fósil necesario para el funcionamiento de motores a combustión interna.

Figura 2.

Goudie, A. (1990). *Características de los principales gases de efecto invernadero*. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/296/cap1.html>

Gas	Fuentes Antropogénicas	Concentración (ppb*)		Incremento anual de la concentración	Tiempo de residencia en la atmósfera (años)
		Preindustrial	Actual		
CO <sub>2</sub>	Uso de combustibles fósiles, leña y deforestación	275.000	353.000	0,5%	50 - 200
CH <sub>4</sub>	Cultivo de arroz, ganado, tiraderos de basura, uso de combustibles fósiles	800	1.720	0,9%	10
NO <sub>x</sub>	Fertilizantes químicos, deforestación, uso de leña	285	310	0,2%	150 - 180
CFC	Aerosoles, refrigerantes, uso de leña	0	3	5,0%	65 - 130

\*Partes por billón

En la *Figura 2*, se puede observar los principales gases de efecto invernadero, la aproximación de su incremento anual en el año 1990 y el tiempo de residencia en la atmósfera, aunque algunos gases pueden ser más peligrosos para la salud humana, la preocupación directa por el dióxido de carbono se debe a su sobreproducción y la cantidad de años que son necesarios para que se descomponga, lo cual lo convierte en la principal fuente de aceleración del cambio climático.

## 1.2 Tipos de contaminantes generados por vehículos

Los vehículos alrededor del mundo consumen millones de litros de gasolina diariamente; la combustión de este recurso fósil libera distintos tipos de contaminantes a la atmósfera incluyendo el monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, plomo, entre otras, una vez emitidos a la atmósfera, los contaminantes se mezclan con el aire, cuyo grado de concentración dependerá de las condiciones topográficas, climáticas y meteorológicas (Bolaji & Adejuyigbe, 2006). No todos los vehículos emitirán en la misma proporción igual cantidad de gases contaminantes, esto dependerá principalmente del tipo de motor, el tipo de combustible que se haya empleado, el mantenimiento del vehículo y las condiciones de manejo, debido al cambio de velocidades y la cantidad de combustible que requiera para cada acción, (Twenergy,

2019) y según Balaji, la mayor carga contaminante que se ejerce en el vehículo es en el momento de desaceleración sobre una base volumétrica, debido a la baja relación aire-combustible.

Los principales contaminantes generados a la atmósfera debido a la quema de combustible en un motor son:

i. Los hidrocarburos

La generación de este contaminante se debe a la baja eficiencia de combustión en el motor y surge cuando se evapora combustible parcialmente quemado que sale de la región de combustión directamente al tubo de escape, son principalmente deficiencias en el sistema de inyección. La composición de combustible puede variar significativamente la magnitud de la carga orgánica emitida, ya que se pueden dividir en hidrocarburos reactivos y no reactivos, donde los reactivos presentan altas concentraciones de aromáticos y olefinas que pueden llegar a ser focos importantes en la creación del *smog fotoquímico* y, basados en su potencial fotoquímico, algunos pueden llegar a ser cancerígenos (Bolaji & Adejuyigbe, 2006).

ii. Óxidos de nitrógeno

Son principalmente producidos en los cilindros del motor ya que el aire tiene concentraciones de nitrógeno, sin embargo si el combustible tiene también niveles de nitrógeno este aumentará la producción de óxidos debido a la reacción estequiométrica de la mezcla; un trabajo realizado por Hilliard y Wheeler en 1979 demuestra que la cantidad del monóxido y dióxido de nitrógeno producido en vehículos con encendido de chispa es menor que para vehículos diésel. Los óxidos de nitrógeno son grandes contribuyentes del *smog fotoeléctrico* y del efecto invernadero, lo que contribuye al deterioro de la capa de ozono, producción de lluvia ácida y contaminación atmosférica en general (Bolaji & Adejuyigbe, 2006).

iii. Monóxido de carbono

Este compuesto es uno de los contaminantes atmosféricos más abundantes, es menos denso que el aire así que presenta la facilidad de acumularse en la zona alta de la atmósfera (Baeza Romero & Rodríguez Cervantes, 2018), se crea debido a la mezcla desigual de combustible-aire en la cámara de combustión, la cantidad de combustible es mayor y no alcanza a ser quemado en su totalidad, lo que repercute en la salida de



este químico por el tubo de escape, sin embargo ante la implementación del catalizador, al pasar el gas por este, se convierte en dióxido de carbono mucho menos tóxico para el ambiente, una de las causas principales de la alta producción de CO de los vehículos es el inadecuado mantenimiento de las entradas de aire (Bolaji & Adejuyigbe, 2006).

iv. Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es un gas incoloro que se crea por diversos procesos, bien sea de forma natural, por la respiración de organismos aerobios como provocado por el hombre a partir de la combustión y quema de madera, carbohidratos y combustibles fósiles, (Revista Motor España, 2018). La producción de este compuesto en los vehículos se genera en el catalizador, donde una vez se realiza la quema de combustible en la cámara de combustión, los gases resultantes que son monóxido de carbono, óxido de nitrógeno junto con moléculas de los residuos de combustible no quemado son dirigidos hacia el catalizador y son las celdas de cerámica y metales que hacen reaccionar las moléculas en ellas, haciendo que átomos libres se unan entre ellos y se reagrupen formando dióxido de carbono y agua (Documental Discovery MAX, 2016). Aunque es un gas inocuo para la salud humana, este contribuye a la creación de lluvia ácida y aún más importante es que por su transparencia a la radiación de onda corta del sol pero opaco a la onda larga que se irradia nuevamente al espacio, es uno de los principales gases de efecto invernadero que ocasiona el calentamiento global (Bolaji & Adejuyigbe, 2006).

v. Metano

Es un gas incoloro, inflamable y no tóxico sin embargo actúa como gas de efecto invernadero, se produce de forma natural por la descomposición de la materia orgánica, y de forma antropogénica con la explotación y distribución de combustibles fósiles así como en las explotaciones agropecuarias y de vertederos, es uno de los principales componentes del gas natural (GreenFacts, 2007). En las últimas décadas, la concentración de metano en la atmósfera se ha ido incrementando de manera importante, hasta el 1% por año siendo su principal origen las actividades humanas, actualmente el metano contribuye al calentamiento global en un 15% (Revista Vida Sostenible, 2015). Las emisiones de metano desde fuentes móviles están en función del contenido de metano que contenga el combustible, la cantidad de hidrocarburos no

quemados a través del motor y los controles de postcombustión. (Benavides & León, 2007).

vi. Material Particulado

Es un contaminante del aire que incluye una mezcla compleja de gran variedad de pequeñas partículas de sólidos y líquidos, tanto orgánicos como inorgánicos, naturales y antropogénicos, de composición variable suspendidos en el aire. Las fuentes principales de este hollín es producto de actividades industriales, caminos sin pavimentar, descomposición de insectos y plantas, construcción y actividades agrícolas (CeMCAQ, 2017). Las partículas también son producto de los procesos de combustión en el motor de los vehículos. Este contaminante es uno de los que tiene mayores impactos en la salud humana, ha sido asociado un aumento de síntomas de enfermedades respiratorias, reducción de la función pulmonar, agravamiento del asma, y muertes prematuras por afecciones respiratorias y cardiovasculares. (Naturales & Climático, 2009).

vii. Smog fotoquímico

Es un fenómeno en consecuencia de la formación de ozono en las capas bajas de la atmósfera, este ozono se denomina ozono troposférico y hace parte de los contaminantes secundarios debido a la coexistencia de óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono y metano en presencia de radiación solar (Generalitat Valenciana, 2015), este smog se puede observar como una niebla baja de color marrón que se aprecia con facilidad en épocas de verano con poca humedad en la mañana y en la tarde, este tipo de smog se observa frecuentemente en ciudades con altas tasas poblacionales donde se tiene alto flujo de vehículos o industrias. Las consecuencias para la salud humana radican en afecciones respiratorias, como lo son dificultad para respirar, irritación pulmonar y agudización de alergias, reducción de visibilidad e irritación ocular, tos e inmunodepresión (Grupo Villar Mar, 2019).

## 2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y MANEJO EFICIENTE

### X|.1 Ciclos de conducción

#### 2.1.1 Generalidades

Un ciclo de conducción es un perfil de velocidades trazado sobre un plano de tiempo, que representa una forma típica de manejo en una avenida, autopista o una determinada zona de estudio y que junto con algunas características del tráfico, condiciones físicas, y tecnología del vehículo, pueden retratar patrones de conducción habituales, lo que permite tener bases para la planeación territorial e inventario de emisiones contaminantes producidas en el lugar, ciudad o región. (González-Oropeza, 2005). En otras palabras un ciclo de conducción tiene como principal función, representar un patrón de conducción en la vida real.

Si bien los ciclos de conducción son útiles para predecir el comportamiento de las arterias vehiculares y sus alrededores, estos estudios no pueden ser únicos, ya que aspectos como el aumento de la población, cambios del transporte público, modificaciones del uso en la carretera, nuevas legislaciones para disminuir huella ecológica, entre otras, hacen que estos ciclos sean dinámicos y estén en constante cambio. La desactualización de los mismos genera sesgos grandes de desinformación a la movilidad actual y por ende deja de ser una medición confiable para estimar datos sobresalientes del flujo automotriz.

Los ciclos de conducción habitualmente se elaboran en condiciones de laboratorio ideal, los datos concluyentes apenas logran proveer información de referencia ante el comportamiento del vehículo en tránsito normal, es por esto que el desarrollo de técnicas para captura de información en carretera ha sido tendencia en el nuevo milenio, donde a partir de la recolección de datos con algunos equipos y seguimientos GPS se puede reflejar a una escala más realista, las condiciones de tráfico en carretera.

En general, los métodos para la construcción de los ciclos de conducción incluyen los siguientes pasos: Recolección de datos de manejo en el mundo real, segmentación

de la información recolectada, construcción de ciclos, evaluación y selección del ciclo final. (Dai et al., 2008). Los parámetros que normalmente se recolectan para su estudio son longitud, tiempo, velocidad mínima y máxima, velocidad promedio de aceleración, porcentaje de aceleración y desaceleración. A nivel mundial, existen dos tipos de ciclos de conducción, los ciclos modales como el NEDC (ciclo de conducción europeo) o el ciclo de modo japonés 10 -15 y los ciclos trascendentes como el FTP 75 o el ciclo Artemis. La diferencia principal es que los ciclos modales son datos recopilados de aceleraciones en línea recta a una velocidad constante que no son representativas del comportamiento real de un conductor, mientras que los ciclos trascendentes involucran variaciones de velocidad, simulando las condiciones típicas de manejo en la vía.

El desarrollo de ciclos de conducción más precisos y confiables genera ventajas en cuanto al desarrollo de tecnologías, al optimizar nuevas configuraciones del sistema de propulsión de los vehículos, evaluar el impacto medioambiental del tráfico y proponer estrategias de control del motor para reducir el consumo de combustible (Huertas et al., 2018).

Actualmente los principales ciclos de conducción utilizados de referencia son Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Cycle (WLTC) y el Federal Test Procedure (FTP), y como tal su principal función es recopilar información de consumo de combustible y carga contaminante a la atmósfera mediante procesos comparativos y para certificación de nuevos vehículos que salen al mercado con nuevas tecnologías.

### ***2.1.2 Principales ciclos de conducción internacionales***

#### **i. FTP**

El Federal Test Procedure, en especial la regulación FTP 75 ha sido usada para la certificación de emisiones y el estudio de la economía de combustible para vehículos livianos en los Estados Unidos y, desde 2008 el FTP se utiliza para la determinación de calificaciones de economía de combustible en carretera mediante el método de cinco ciclos de la EPA, (Emission Test Cycles, 2014).

Este test actualmente considera variaciones en el modo de conducción ya que parte de dos ciclos de manejo, urbano y extraurbano, donde recolecta la información en

laboratorio a través de un dinamómetro de chasis; las características principales del test FTP es su duración de 1877 segundos (31,28 minutos), recorre una distancia total de 17,77 km, velocidad promedio de 34,12 km/h y velocidad máxima de 91,25 km/h (United States Environmental Protection Agency EPA, 2017); adicional realizan la prueba segmentando el test FTP 75 en tres partes ya que se evalúa el desempeño de velocidad en función del tiempo del vehículo en fase fría, fase estable y la última fase de arranque en caliente que se realiza 10 minutos después de haber apagado el motor, con lo cual, la variación en rendimiento y consumo de combustible si se ve afectada.

## ii. WLTC

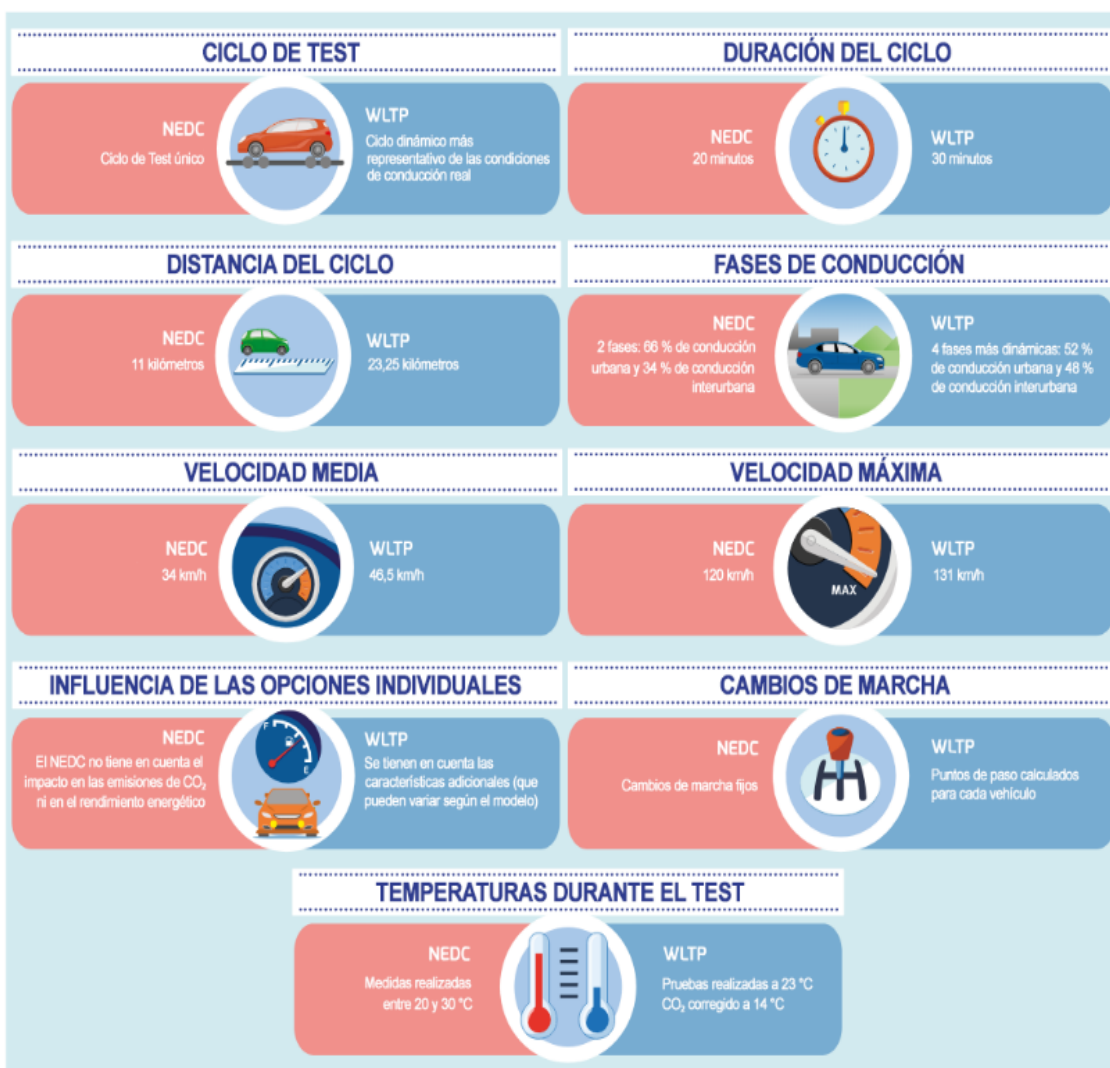
Estos son ciclos de prueba de dinamómetro de chasis (laboratorio) para vehículos ligeros bien sean convencionales, híbridos y eléctricos; con este estudio se puede determinar la cantidad de emisiones y el consumo de combustible, mantener informados a los consumidores y homologar el consumo y emisiones de CO<sub>2</sub>. El WLTC sustituye el procedimiento europeo NEDC que se utilizaba anteriormente para las pruebas de homologación hasta 2017. (Emission Test Cycles, 2019). La implementación de este nuevo ciclo abrió paso a determinar de una manera más próxima a la real el consumo y las emisiones de partículas contaminantes de los vehículos, con el fin de que los consumidores finales no se sientan estafados por un consumo que dista mucho del prometido por el ciclo de conducción homologado en representación de los fabricantes. (Pérez, 2019). Dentro de sus principales características se encuentran las mediciones realizadas para obtener datos, ya que ahora, además de presentar pruebas a nivel de laboratorio, añade una prueba dinámica real en carretera contemplando diversas características topográficas y meteorológicas (la temperatura del ambiente afecta incisivamente el consumo de combustible), el tiempo de conducción para la recolección de datos alcanza los 30 minutos y la distancia recorrida pasa de 11 a 23,25 kilómetros. El NEDC no contemplaba manejo en autopistas, solo simulaba un 66% del recorrido en ciudad, con el WLTC se evalúan diferentes rutas de conducción, contemplando un 52% en la ciudad; en cuánto a la velocidad media del nuevo ciclo se estima que es aproximadamente de 46,5 km/h y una velocidad máxima de 131 km/h, (Top Gear España, 2019). Así mismo el equipamiento del vehículo juega un papel importante en la variación del consumo, es por esto que el estudio contempla ensayos con mismos

motores pero diferentes medidas de llantas y peso extra que pueda contener el vehículo, ya que anteriormente los fabricantes realizaban sus pruebas removiendo cualquier peso adicional que pudiera generar más esfuerzo al vehículo, esto resultando en mejores cifras de consumo pero alejándose de los valores reales a los que se someten los conductores en un día a día normal.

En la *Figura 3* se presentan las principales diferencias adoptadas por el nuevo ciclo WLTC y su respectiva comparación el ciclo NEDC.

Figura 3.

Granell, A. (2018). ¿Cuáles son las diferencias entre el protocolo WLTP y el NEDC.. Disponible en: <https://www.ro-des.com/blog/todo-sobre-protocolo-wltp-homologaciones-y-consumos/>



### **2.1.3 Importancia del estudio de ciclos de conducción sectorizado**

El ciclo de conducción representa el perfil de velocidades trazado sobre un plano de tiempo, este estudio puede realizarse en cualquier arteria vehicular y en cualquier ciudad del mundo. Recopilar información sobre el flujo vehicular y las características generales de la flota vehicular que habitualmente transita el sitio es de vital importancia para el desarrollo de un municipio, pueblo o ciudad (Top Gear España, 2019). Estudios de caso realizados en África, Asia, Europa y América develan grandes diferencias en los resultados obtenidos, bien sea por características geográficas, ranking de carros más vendidos, tecnología del vehículo, educación e inteligencia ciudadana o características del tráfico; cada ciudad maneja su propio ritmo de vida; si bien los ciclos de conducción estándar internacionales son base para la toma de decisiones en cuanto a seguridad vial, optimización de tecnología vehicular y regulaciones ambientales a nivel global, no llega a ser información representativa para las ciudades en específico.

«Los ciclos de conducción existentes representan el tráfico de zonas y ciudades determinadas, algunos de estos ciclos representan el tráfico en condiciones congestionadas, mientras que otros lo hacen en condiciones de tráfico fluido» (Gómez, 2011). Gobernantes alrededor del mundo basan su normativa vial y ambiental en ciclos de conducción externos a la realidad urbana en que desempeñan, esto entorpece la toma de decisiones y parámetros de control que realmente se deberían emplear para la regulación vial y relación de emisiones contaminantes, (Skrobisz, 2018); con esto se puede inferir que el tener un estudio vial focalizado, basándose en las características propias del entorno es de carácter primario para la toma de decisiones en cuanto a la planeación y proyección urbana, realizando un inventario honesto de carga contaminante expulsada al ambiente y normas consecuentes con los controles necesarios para el sitio estudiado.

## **2.2 Conducción ecológica**

El estudio de los ciclos de conducción evidencia diversos estilos de manejo alrededor del mundo, de ellos algunas características y formas de conducir inciden en el consumo de combustible, que a la hora de la verdad son ineficaces y por el contrario llegan a afectar el bolsillo del conductor además de representar un aumento innecesario en la tasa de contaminación atmosférica. El término *conducción ecológica* se le atribuye a nuevas formas de conducción vial cuyo principal objetivo es la reducción del consumo de combustible y la disminución de emisiones de contaminantes a la atmósfera (Línea Verde, 2016). Al implementar ciertos parámetros de conducción se generan numerosas ventajas, tales como menor coste en el mantenimiento de los vehículos y compra de gasolina; mejora del confort, esto hace referencia a la disminución de aceleraciones y desaceleraciones bruscas lo que conlleva a un estilo de conducción tranquilo; un aumento de la seguridad considerando velocidades de conducción responsables y eficientes y por último una disminución del consumo de gasolina que va fuertemente ligado al descenso de emisiones verificado en un estudio realizado por la EPA, donde la implementación de la conducción ecológica o eficiente logró disminuir hasta en un 15% en carretera y 40% en ciudad la carga contaminante expulsada al ambiente, además de bajar la contaminación acústica en casi un cuarto del sonido que normalmente generaría un vehículo a 4000 revoluciones por minuto (Línea Verde, 2016).

### **2.2.1 Bases de la conducción eficiente**

«En las últimas décadas, la tecnología del motor y las prestaciones de los vehículos han mejorado significativamente. Los vehículos de gasolina y diésel han pasado a ser mucho más eficientes y limpios en cuanto a emisiones al Medio Ambiente». (Larrazábal, 2004). Las nuevas tecnologías implementadas en los vehículos permiten variaciones en los estilos de conducción anteriormente utilizados, tan solo la eficiencia actual de los motores, en especial por la aparición del control electrónico del motor del vehículo (inyección electrónica) e implementación del catalizador han reducido las



emisiones de monóxido y dióxido de carbono, hidrocarburos, óxidos nitroso y en general el consumo energético.

En determinados países europeos se han llevado a cabo programas de formación en la conducción eficiente, encontrándose en la actualidad implementada en sus sistemas de enseñanza. Aunque algunas de las técnicas de conducción eficiente pueden aplicarse a todos los vehículos, en realidad están concebidas para vehículos de fabricación posterior al año 1994 aproximadamente (Larrazábal, 2004).

La conducción eficiente puede ser desarrollada en un país mediante tres pilares principales, el primero la introducción en el sistema de enseñanza para obtener el permiso de conducción, en donde desde el primer contacto de manejo la persona es consciente de la responsabilidad ambiental que asume el conducir un vehículo de combustible fósil; el segundo pilar relaciona la capacitación y retroalimentación requerida para la implementación de la conducción ecológica en personas que poseen experiencia manejando y que en consecuencia deben alterar la cotidianidad del manejo. En cuestión, las dos primeras bases necesarias para asumir una conducción responsable con el medio ambiente radican en la educación y sensibilización del conductor y la práctica de hacer de la conducción ecológica una rutina diaria cada vez que se maneja, y el último pilar complementa la técnica de conducción teórica con el comportamiento eficiente del vehículo utilizado, donde el adecuado etiquetado energético, el uso de dispositivos medidores de consumo, el mantenimiento correcto de la máquina y accesorios de la carrocería estén calibrados y sean apropiados para optimizar el rendimiento del automóvil.

### **2.2.2 Parámetros que afectan el consumo de combustible**

Son múltiples los factores que inciden en el consumo de combustible de un automóvil. Una conducción eficiente puede mejorar el consumo hasta en un 30%. Durante el recorrido los conductores pueden llegar a verificar como el consumo de combustible varía sustancialmente de unas situaciones a otras y muchas veces se ignora por qué (Auto 10 Reportajes, 2018). Acelerar, exceso de velocidad y frenar bruscamente son tan solo unos de los tantos factores que pueden aumentar el consumo

de combustible de un 15 a 30% en carretera y de un 20% a 40% en ciudad (United States Environmental Protection Agency EPA, 2015). La EPA delimita algunos parámetros que influyen de manera directa el consumo de gasolina:

i. Encendido, aceleración y cambio de marchas

Se conoce como aceleración a la capacidad que tiene un vehículo para pasar de una velocidad a otra en un tiempo determinado (Glosario Renting finders, 2010). Uno de los momentos más críticos en el funcionamiento de un motor térmico es el arranque, los sistemas actuales en los automóviles adaptan la aceleración a la temperatura ambiente y a la hora de arrancar un motor es importante pisar el embrague si se dispone de caja manual, esto con el fin de reducir la resistencia para que la batería tenga más fácil la operación de puesta en marcha (Webedia Brand Services, 2017). Durante la aceleración, cuando las velocidades oscilan entre los 50 y 70 km/h, el gasto de combustible dependerá del peso del coche, la aceleración y el número de revoluciones del motor en ese momento. Sin embargo cuando se circula a baja velocidad el consumo de combustible volverá a subir si el carro se deja a una marcha de revolución más corta ya que obliga al automóvil a mantenerse en altas revoluciones durante su recorrido (Seguros de coche Genesis, 2012).

ii. Freno y desaceleraciones

Durante el recorrido de un vehículo, cuando el conductor suelta totalmente el pedal del acelerador se produce un corte de inyección para interrumpir el paso de gasolina hasta cuando sea necesario volver a pisar este mismo pedal, entre estos dos momentos también se presenta un consumo de combustible de aproximadamente 0,01L/km, por lo cual se aconseja mantener carreras largas de recorrido a velocidades constantes (Auto 10 Reportajes, 2018). Por otra parte, mitos relacionados con dejar en neutro la caja de cambios para disminuir el consumo de combustible en realidad no son útiles, cuando se coloca el cambio en neutro el motor tiene que bajar las revoluciones a marcha mínima; el motor queda en marcha mínima y por ende el vehículo sigue consumiendo combustible (CarroYa, 2016), adicional dejar el vehículo sin ningún cambio puede sobrecargar los frenos al punto que ellos solos se encarguen de detener completamente el carro fatigando y representando mayor desgaste en llantas y pastillas.

### iii. Roce aerodinámico

La resistencia aerodinámica es la fuerza opuesta que ejerce el aire cuando un automóvil se encuentra en movimiento. Es decir, la fuerza que se opone al avance del vehículo a través del aire (Ortega, 2017), este roce aerodinámico depende principalmente de cuatro parámetros de medición, densidad del aire, velocidad, área superficial frontal y coeficiente de rozamiento. La relación entre la velocidad y el consumo de gasolina es directa; al acelerar, el motor del vehículo debe trabajar más y así mismo genera mayor consumo de gasolina; si se conduce en contra del viento la resistencia al movimiento aumenta haciendo que el motor deba no solo igualar sino superar la fuerza del aire, ya que los vehículos tienen que apartar una resistencia importante del mismo para poder avanzar. (Auto 10 Reportajes, 2018).

### iv. Temperatura del motor

La temperatura del motor afecta el consumo de gasolina principalmente en trayectos cortos donde el motor apenas tiene el tiempo suficiente para calentarse, es en ese momento donde las emisiones se disparan (F. Moreno, 2009). Los vehículos recientes - a partir del año 1995 - vienen incorporados con termostato que controla el flujo del agua y hace que el interior del motor se caliente mucho más rápido, sin embargo esto no implica que el automóvil pueda encenderse rápidamente en la mañana y salir a rodar a altas revoluciones, esto debido a que el primer encendido es donde más se genera desgaste del motor ya que todas sus partes se encuentran frías y toma cerca de 20 a 30 segundos que el aceite llegue a circular y lubricar todas las partes (Velocidad Total, 2019). Los redactores de la revista alemana Autobild realizaron un experimento a 33 vehículos para determinar el consumo de gasolina con el motor frío, los resultados arrojaron que el consumo puede aumentar hasta un 90% realizando ese tipo de trayectos cortos (F. Moreno, 2009).

### v. Equipaje y canastillas portaequipaje

Este parámetro hace referencia a las afectaciones producidas a la eficiencia aerodinámica debido al cambio de área superficial que pega contra el viento. Los creadores de automóviles evalúan sus análisis de laboratorio y resultados de los vórtices de viento con la carrocería básica, es por esto que su ficha técnica no considera los accesorios externos que se colocan en vehículos como lo son el uso de alerones, adición

de espejos, disminución de la altura del carro e instalación de parrillas y portaequipajes (donde acomodan cajas, maletas, canoas, entre otras); aparte de generar un peso adicional en el automotor, crean mayor área superficial al contacto con el viento, lo que en consecuencia produce mayor resistencia al avance y por ende mayor consumo de combustible debido a la fuerza que tiene que realizar el motor para vencer esta resistencia adicional.

vi. Remolque de tráileres o peso excesivo

Los parámetros que modifican el funcionamiento y resultados teóricos de una mecánica reciben el nombre de carga motor, y esta no es más que la cantidad de par que debe producir un motor para vencer las resistencias que se oponen a su movimiento (Galán, 2017). Cuando un automóvil tiene exceso de peso el consumo de combustible se dispara ya que es necesario que el motor genere mayor fuerza (torque o par motor) para realizar el movimiento, durante las pruebas realizadas por la EPA solo se tomaba en consideración 150 kilos de peso adicional entre los pasajeros y el equipaje, con esto se pudo concluir que por cada 50 kg se incrementa en un 2% el consumo de combustible.

vii. Encender accesorios eléctricos

El aire acondicionado en los vehículos es casi un accesorio imprescindible en la actualidad, tiene como función mantener una temperatura óptima en el interior (Otero, 2020). Su principio se basa en tomar aire caliente, hacerlo pasar por un compresor acoplado a la carrera del motor e introducir el aire frío en el interior del vehículo. Sin embargo es el uso del compresor el que produce un consumo de gasolina, cuanto más caliente se encuentre el interior del vehículo o cuanto más caliente esté el aire exterior y cuanto más baja sea la temperatura que se busque obtener, mayor será la energía necesaria para realizar los ajustes en la temperatura interna del automóvil y por ende mayor consumo (Otero, 2020). Se estima que el consumo de gasolina puede aumentar entre el 20% y el 40% dependiendo de los parámetros anteriormente descritos, ya que la energía necesaria para bajar de 30°C a 25°C será menor que hacer bajar la temperatura hasta los 18°C. Los porcentajes traducidos a litros podrían variar en consumo desde 0,1 a 1 litros por cada 100 kilómetros (Amaya, 2019).

viii. Conducción en calles empinadas

En términos específicos el par motor conocido como torque es una magnitud física que mide el momento de fuerza que se ha de aplicar a un eje que gira sobre sí mismo a una determinada velocidad, en la mecánica de un vehículo se transmite en forma de rotación; el par motor mide la potencia necesaria para que el motor gire a un número determinado de vueltas (Galán, 2017). Durante un recorrido ascendente al sumar las fuerzas externas que se oponen al movimiento, se puede avistar que el torque necesario para poder realizar este recorrido debe ser mayor; es por esto que será necesario pisar más a fondo el acelerador, exigiendo el motor para inyectar una mezcla rica en combustible a las cámaras de los cilindros y entre mayor sea la inclinación menos potencia podrá ser utilizada, por lo que en consecuencia habrá menos poder de aceleración. (Galán, 2017).

ix. Uso de tracción en 2 y 4 ruedas

La fuerza de tracción debe exceder la resistencia de conducción total para que el vehículo se acelere. La fuerza de tracción y la resistencia de conducción total deben estar en equilibrio para que el vehículo tenga una velocidad constante. La fuerza de tracción debe ser menor que la resistencia de conducción total para que el vehículo desacelere. (Obando, 2018). Según los estudios realizados por la EPA «Utilizar la función de 4 ruedas reduce el ahorro de combustible, usar la tracción en las 4 ruedas hace que el motor trabaje más duro, incrementa los cambios en la caja de transmisión y causa pérdidas en el diferencial».

x. Presión de neumáticos

El neumático se deforma constantemente con el piso firme, todas estas deformaciones se transforman en calor, los fabricantes de neumáticos están en constante investigación, buscando siempre el balance entre la adherencia y la adhesión del neumático y su eficiencia energética (Costas, 2013). «El comprobar la presión de los neumáticos no constituye normalmente una prioridad en los hábitos del conductor, pero una pérdida de presión en los mismos respecto a la recomendada por el fabricante incide de forma importante en el consumo de combustible. Como dato de referencia, una pérdida de presión de 0,3 bares en los neumáticos del vehículo respecto a la recomendada supone un aumento de consumo de carburante en el orden del 3%»,

(Ministerio del Interior de Madrid & Dirección General de Tráfico de Madrid, 2011). Cuando las ruedas no llevan el inflado necesario para la operación que se está realizando, se incrementa la resistencia de los neumáticos al rodar, según la empresa de llantas Michelin, si se lleva un neumático con una presión de 1 o 2 bares por debajo de lo recomendado, esto puede suponer un gasto adicional equivalente a una recarga promedio de gasolina al año. (Seguros Mapfre, 2020). Según el departamento de Energía de los Estados Unidos, si la presión de las llantas está por debajo de la presión indicada, se empieza a perder 0,2% de rendimiento por cada PSI que se encuentre por debajo de lo recomendado. De igual forma el sobre inflar las llantas tampoco genera una ventaja adicional del recorrido; realizaron una prueba con un vehículo en el cual inflaron las llantas hasta el máximo permitido, luego, compararon el viaje de vuelta con las llantas a la presión recomendada por el fabricante, con esto se logró concluir que sobre inflar las llantas no produce efectos notables principalmente debido al roce aerodinámico que percibe, «luego de cierta velocidad las mejoras que entregan las llantas dejan de ser relevantes con la resistencia del viento» (Sodexo Comunicaciones, 2018), adicional representa un riesgo a la hora de avanzar sobre un desnivel, las sobre presiones incluso pueden reventar el neumático ante una golpe brusco durante su recorrido.

### **2.2.3 Técnicas para mejorar el rendimiento del vehículo a partir de la conducción eficiente**

De acuerdo a lo visto anteriormente, muchos son los factores que determinan el consumo de combustible y vienen dados no solo por el mantenimiento y mecánica del vehículo sino por actitudes y prácticas de los conductores frente a su vehículo y estilo de conducción del mismo, con lo cual se pueden exponer algunas de las técnicas designadas por la conducción ecológica para mejorar el consumo de combustible y por ende disminuir las emisiones de contaminantes expulsadas al ambiente, El programa Europeo para el Cambio Climático calculó en 2001 un potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de al menos 50 millones de toneladas cúbicas métricas empleando la conducción eficiente, equivalente a las emisiones de 15 millones de vehículos anualmente (Ministerio del Interior de Madrid & Dirección General de Tráfico de Madrid,

2011). A continuación un análisis de las principales posturas que expone la conducción eficiente:

i. Arrancar sin pisar el acelerador

Los vehículos actuales poseen electrónica moderna que regulan las condiciones de encendido, es por esto que no es necesario pisar el pedal de acelerador para comenzar a andar, tan solo al sacar el embrague el auto comenzará a moverse aprovechando el principio de inercia.

ii. Encendido

A la hora de encender el vehículo es aconsejable dejar el auto en neutro y pisar el embrague en caso de tener caja manual, así se reduce la resistencia de la batería a la hora de iniciarse (Webedia Brand Services, 2017). Es aconsejable dejar calentar el motor por aproximadamente 30 segundos, mientras se abrocha el cinturón y se ajustan los espejos, tiempo suficiente para que el aceite recircule todas sus partes y haya una preparación óptima del automotor. De igual forma existe la teoría de que el automóvil consumirá menos dejándolo encendido que apagándolo durante paradas largas, sin embargo, la Organización de los Estados Americanos realizó un estudio, el cual concluye que el motor sufre más al permanecer en ralentí, 10 segundos de ralentí gastan más que volver a encender el coche de nuevo; en este estudio se proyectó que un ciudadano americano emplea 16 minutos con el motor en ralentí y esto se traduce en un gasto de 100 euros al año, el gasto en combustible es aproximadamente igual a conducir durante un kilómetro y medio.

iii. Cambio de marchas

«Si se logra usar marchas largas como norma, aplicando cambio de marchas a bajas revoluciones se logrará optimizar el consumo de combustible y alargar la vida útil del motor» (RACC Club, 2017). La referencia para realizar los cambios en vehículos a gasolina se encuentra entre las 2000 y 2500 revoluciones por minuto, para motores diésel entre las 1000 y 1500 revoluciones por minuto. Un vehículo circulando en el tercer cambio a 60 km/h consume en promedio 8,9 l/100km de combustible, el mismo vehículo manejado en el quinto cambio a los mismos 60 km/h tendrá un consumo de 7,2 l/100km (RACC Club, 2017), una disminución de combustible producto de la reducción de esfuerzo en el motor para trabajar a la velocidad de 60 km/h.

#### iv. Freno y desaceleraciones

Otra forma de optimizar el consumo de gasolina es aprovechando la inercia del movimiento cuando se acerca una parada, esto se genera cuando se suelta el pedal del acelerador, la acción del movimiento va a seguir desplazando el vehículo, mientras esto ocurre se deben bajar los cambios conforme la velocidad disminuye, intentando igualar las revoluciones a la velocidad pertinente, con esto además de disminuir el consumo de gasolina, se alarga la vida útil de los frenos y sus pastillas al no estar recargando la detención del automóvil en ellos solamente (CarroYa, 2016).

#### v. Roce aerodinámico

Desde los años 30, la industria automovilística viene ahondando en estudios e información relacionada a cómo disminuir la resistencia al viento en vehículos, las líneas y cortes que actualmente se ven tienen un propósito de optimización y actualización de los coches, las líneas planas comienzan a desaparecer, con el fin de suavizar rasgos y lograr carrocerías que atraviesen el aire con menor esfuerzo mecánico, cuando se superan los 90 km/h es cuando realmente se empieza a evidenciar el aumento en el consumo de combustible en función de la aerodinámica (Costas, 2013). Los vehículos como furgonetas o camiones son cuadrados porque priorizan el espacio, por eso no van rápido, cosa contraria con los vehículos deportivos, son bajos y afilados, con centro de gravedad bajo y haciendo resaltar su aerodinámica (Artés, 2020).

Eliminar artefactos que puedan aumentar el área superficial que pega contra el viento es fundamental para controlar la aerodinámica estudiada en los túneles de viento; una baca puede aumentar la resistencia aerodinámica cerca de un 20% al consumo de combustible. Las antenas grandes y ventanas abiertas pueden llegar a suponer un aumento del consumo de un 5% a 15%. Así también utilizar el tamaño de neumáticos recomendados por el fabricante será esencial para disminuir la resistencia del viento que pasa por debajo del vehículo. A velocidades de carretera o mayores a los 90 km/h se recomienda cerrar las ventanillas y usar el aire acondicionado.

#### vi. Peso excesivo o innecesario

El constante transporte de cosas innecesarias al interior del vehículo puede repercutir negativamente el consumo de gasolina debido a que es necesario una mayor fuerza impregnada por el motor para poder conseguir el movimiento; la baca, maletas,



botellones de agua, el tarro del refrigerante, la caja de herramienta, los parales de las bicicletas, cajas, el gato adicional, entre otros. 100 libras de peso extra en su vehículo pueden aumentar en un 2% el consumo de combustible, esto basándose en el porcentaje de peso del automóvil, afectando más a los autos pequeños que a los grandes.

vii. Sistemas de calefacción y aire acondicionado

«A lo largo de los años se han hecho diferentes pruebas en laboratorio sobre rodillos y ventiladores para simular la resistencia aerodinámica de los automóviles, así como en circuito. Y la conclusión es que depende de la velocidad a la que circule el coche» (Otero, 2020). Los sistemas de calefacción no consumen combustible, ya que su base teórica radica en el uso de un ventilador que circula el aire caliente producido por el motor, de forma tal que solo se está utilizando la energía exotérmica natural de la maquinaria del vehículo. Caso contrario ocurre con el sistema de aire acondicionado, según estudios realizados por diversas empresas automovilísticas, el consumo de combustible producto de la activación del aire acondicionado, va a ser igual independientemente de la velocidad a la que este transitando el vehículo, aunque si será diferente si se conduce con las ventanas abiertas; entre más aerodinámico se vuelva el carro menor será su resistencia al viento y por ende, consumirá menos.

Cuando la velocidad es relativamente baja, el abrir las ventanas incidirá muy poco en la resistencia del viento con el vehículo, sin embargo al sobrepasar velocidades de 80 y 90 km/h es recomendable cerrar las ventanas y activar el aire acondicionado; según los estudios realizados por la EPA poner el aire acondicionado en máximo disminuye entre un 5% y 25% el ahorro de combustible (Otero, 2020).

viii. Neumáticos

Previamente se ha hablado de como la presión en los neumáticos puede acarrear un consumo innecesario si no se calibran de acuerdo a los PSI recomendados, sin embargo varias son los consejos para escoger las llantas adecuadas para un vehículo a la hora de su compra. En primera instancia, los neumáticos vendidos pertenecientes a la Unión Europea cuentan con una etiqueta visible que indican la eficiencia de combustible del neumático, el frenado, adherencia sobre el pavimento mojado y el nivel de ruido emitido (Skrobisz, 2018). En segunda instancia, la masa del neumático también

juega un papel importante, cuanto más liviano sea este, menor será la resistencia a la rodadura, evitando así el consumo de energía del motor para poner las ruedas en movimiento; «la colocación de los tacos, así como de los demás elementos de la banda de rodadura, tienen influencia sobre su deformación o flexión de conducción, lo que se traduce directamente en una resistencia a la rodadura, bien sea menor o mayor» (Skrobisz, 2018), y por ende es un parámetro de medición para el consumo de combustible.

Por último, se ha hablado en años recientes de inflar las llantas con nitrógeno para dar estabilidad y calidad al rodaje o para preservar mejor el interior del rin, sin embargo esta práctica ha revelado que las ventajas en autos de ciudad son iguales a las que tiene el uso del aire comprimido normal; en materia de investigación el nitrógeno tiene ventajas en autos que transiten largas distancias y con elevadas temperaturas de rodamiento ya que la presión no aumenta y mantiene la pisada exacta y de forma ideal con el asfalto, no obstante lo recomendable por temas de precio, disponibilidad y pérdida del efecto si se llega a mezclar con aire normal es seguir cargando los neumáticos con el aire convencional que por composición natural posee 78% de Nitrógeno, 21% de oxígeno y el restante de mínimas cantidades de argón y gases livianos, (Clopatofsky, 2015).

### 3. MOVILIDAD Y TRÁFICO

#### 3.1 Generalidades

«El transporte es una fuerza motriz fundamental del desarrollo económico y social; genera oportunidades y habilita a las economías a ser más competitivas. La infraestructura de transporte sirve de nexo entre las personas y el empleo, la educación y los servicios de salud. También posibilita el suministro de bienes y servicios en todo el mundo, facilitando la interacción entre las personas, la generación de conocimientos y soluciones que propician el crecimiento a largo plazo», (Banco Mundial, 2017). La movilidad urbana es el conjunto de desplazamientos, tanto de personas como de mercancías, que se producen en una ciudad con el objetivo de recorrer la distancia que separa un lugar de otro. Se suele clasificar la movilidad urbana en: medios de transporte público y privado (EsmartCity, 2018).

Las urbes en general, manifiestan una mayor cantidad de problemas en el tránsito vehicular y con el paso del tiempo han adquirido mayor inclemencia, tanto en países industrializados como en los que se encuentran en vía de desarrollo. «En los últimos años el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial han traído como consecuencia, particularmente en las ciudades grandes, incrementos en la congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales, bastante mayores que los considerados aceptables por los ciudadanos» (Thomson & Bull, 2001). Aunque las dificultades de movilidad son generados por distintos factores, las repercusiones a las que se atañen los ciudadanos van más allá del tiempo prolongado que toma realizar un viaje en la ciudad, «los problemas generados por la movilidad no son sólo la congestión o la mala comunicación, como pareciera deducirse del tratamiento prioritario que dan a estos asuntos los medios de comunicación. Hay un gran número de impactos ambientales y sociales que produce el transporte motorizado y que a su vez tienen una fuerte y negativa repercusión en la calidad de vida de las personas» (A-categoría, 2007), aparte del tiempo, las afectaciones a la salud producto de la contaminación acústica y atmosférica, la incidencia de accidentes en las vías, las dificultades ligadas a la salud por las repercusiones psicológicas que se derivan del mismo como lo son presión,

estrés, mal humor, ira e irritabilidad son entre muchas otras las consecuencias de una mala movilidad ciudadana.

La principal causa del tráfico vehicular se desencadena con la fricción entre los vehículos, es decir, la movilidad de tránsito maneja una relativa libertad de movimiento, la cual es determinada por límites de velocidad, frecuencia de intersecciones, ubicación de semáforos, señalizaciones de la vías, entre otras; sin embargo cuando un vehículo adicional que no fue contemplado en el estudio de tránsito retrasa el desplazamiento de los otros, comienza la congestión vehicular. Cuando esto ocurre, inevitablemente se empieza a crear una cadena de valor que implica la reducción en las velocidades de circulación, restricción a un flujo vehicular constante y en consecuencia aumento del tiempo estimado de viaje programado de los conductores (Thomson & Bull, 2001). «Surge la congestión en condiciones en que la demanda se acerca a la capacidad de la infraestructura transitada y el tiempo de tránsito aumenta a un valor muy superior al que rige en condiciones de baja demanda» (Ortúzar y Willumse, 1994).

### **3.2 Componentes que alteran la movilidad**

«Es claro que cualquier análisis de los problemas del tránsito urbano parte del reconocimiento de las bases conceptuales de este fenómeno. A estas bases conceptuales se le denominan teoría del tráfico vehicular. Una vez entendidos los elementos de la teoría del tráfico vehicular estos se pueden aplicar a lo que se denomina la ingeniería de tránsito» (R. Fernandez, 2008). Las características principales sobre la teoría implican técnicas basadas en la ingeniería para resolver o disminuir los impactos sociales, urbanos y ambientales derivados del tráfico.

Los aspectos que intervienen en el estudio de tráfico se explican sobre el enfoque clásico de Manheim; con este se puede interpretar la dinámica del transporte (R. Fernandez, 2008), en donde sus principales participantes son:

- *Sistemas de actividades en un área geográfica*: se delimita qué zona de estudio se está abordando, bien sea en localidades residenciales, de trabajo, servicios y/o esparcimiento.

- *Sistema de transporte en el área geográfica*: se incluyen vías, vehículos, terminales y paraderos así como la forma de operar del sistema, bien sea sentido de las calles, frecuencia de los buses, entre otros.

- *Patrón de viajes en el área*: este se puede contabilizar con la cantidad de viajes de personas y carga, se tiene en cuenta el origen y destino del recorrido, la cantidad de rutas que se pueden utilizar para completar el recorrido, los diversos medios de transporte en que se transportan las cosas y el horario en que se transportan.

«De acuerdo con este enfoque, la interacción entre el Sistema de actividades y el Sistema de transporte genera, en el corto plazo, un determinado Patrón de viajes. Según las características en los patrones de viaje, se producirán cambios sobre el Sistema de transporte en un mediano plazo» (R. Fernandez, 2008) (e.g., aumento de frecuencias del transporte público, nuevas conexiones viales) o sobre las actividades en el área geográfica en un plazo más largo (e.g., creación de centros comerciales, cambio de lugar de residencia).

Sin embargo estos no son los únicos actores en las vías y en cuestión, la entrada de nuevos componentes al tráfico hacen de este un tema más amplio y complejo para abarcar; uno de los más importantes representantes del tráfico en las vías son todo lo que se deriva de los tres anteriores componentes, el enfoque de Manheim lo denomina a continuación como:

- *Conjunto de impactos derivados del tráfico*: en este espacio entran a consideración varias consecuencias de la sobreacumulación de vehículos, es así como Fernández (2008), define los principales, comenzando con el término de *congestión*, el cual lo reconoce como la demora a los usuarios, formación de colas y detención de vehículos; también explica un impacto grande derivado que es la *polución*, ante la emisión de contaminantes atmosféricos; *riesgo* (aumento de la gravedad y número de accidentes); *ruido*, que lo considera como la emisión de vibraciones sonoras y físicas; *segregación*, se define como el aumento en el tiempo y distancia de cruces vehiculares; *intimidación* por la disminución del uso del espacio público para otros fines diferentes al transcurrir de vehículos y la *intrusión vial* consecuencia del impedimento o reducción visual causado por la acumulación de vehículos o infraestructuras; sumado a ellos se encuentran otros parámetros físicos y de estabilidad a la hora de conducir como lo son:

el trazado y pavimento de la vía; características del conductor, bien sea edad, personalidad al volante y condición física; las características mecánicas del vehículo (potencia, aceleración, maniobrabilidad); condiciones del medio ambiente como luz, clima y entorno y composición del tráfico que no es más que la longitud promedio de los vehículos.

Para la creación de una vía se debe tener en consideración diversas proyecciones con respecto a la finalidad de la misma. Al determinar el tipo, tamaño, potencia y peso del vehículo, así como la composición del tráfico que pasará por la arteria, se podrán determinar representaciones con extrapolación de datos al asumir un crecimiento exponencial de la carga automotriz, y ya con estas referencias bases se puede hablar de la gestión del tránsito, «La gestión de tránsito consiste en el manejo del grado de saturación a través de medidas de ingeniería. Éstas se pueden aplicar tanto sobre la oferta como sobre la demanda. A las primeras, se las conoce como gestión de la capacidad vial; a las segundas, como gestión de la demanda de tráfico» (R. Fernandez, 2008). El grado de saturación se refiere a la relación entre flujo (demanda) y capacidad (oferta) del tránsito, cuanto mayor sea el grado de saturación, más congestionado estará un dispositivo vial y por ende presentará mayor congestión.

Determinados varios parámetros necesarios para el análisis de la vía y las correspondientes proyecciones, los ingenieros de vías pueden empezar a trazar diferentes tipos de carretera, dependiendo de la capacidad ideal, el modelo genérico de movilidad contempla tres tipos de carreteras:

- *Carretera de calzada simple*: Esta se identifica por ser una sola calzada y una pista en cada sentido, el adelantamiento se realiza invadiendo el sentido contrario y el flujo de un sentido dependerá de la intensidad del tráfico que haya en el otro, por esta razón solo se puede estimar la capacidad en ambos sentidos de circulación.

- *Carretera de doble calzada*: Esta es una calzada por cada sentido con una o más pistas para su movilidad, el adelantamiento se puede realizar por alguna de las pistas de la misma calzada, la intensidad en este tipo de arterias se puede calcular individualmente por cada sentido.

- *Segmento básico de autopista*: Hace referencia a un segmento de vía que no tiene ningún contactos con la vía de sentido contrario, por lo que carece de maniobras

de entrada, salida o entrecruzamientos; es por esto que el cálculo de capacidad se hace por la intensidad del servicio, en donde se puede evaluar, al igual que el caso anterior, de manera individual a la capacidad del sentido contrario de la vía.

Las *intersecciones* también juegan un papel importante en el conflicto de la congestión vehicular, esta se define como el área común de dos o más vías que se cruzan (R. Fernandez, 2008), esto implica la carga direccional de vehículos que se producen en un solo punto y en los cuales, unos automóviles deben ceder el paso a otros, bien sea permanentemente o en forma alternada, (un pare y un semáforo, consecuentemente), ante la capacidad calculada en estos focos se debe contemplar el detenimiento parcial o total del flujo vehicular; sumado a esto, el tiempo necesario para arrancar nuevamente su vehículo cuando la luz del semáforo este en verde, que es en promedio la ganancia final al inicio del periodo en rojo, al igual que el flujo de saturación que tenga la vía, pues el tiempo de descongestión aumentará o disminuirá dependiendo de la cola de los carros.

Otro de los componentes que alteran la movilidad y el tráfico en las ciudades son las *estaciones de transferencia*, estas hacen referencia al «lugar de encuentro entre objetos de transporte y modos de transporte para que los objetos sean cargados y/o descargados hacia y desde los vehículos» (R. Fernandez, 2008), estos son los aeropuertos, estaciones de ferrocarril, paraderos de autobuses y terminales de taxis o intermunicipales; uno de las dificultades que abarcan estos paraderos son los tiempos en que habrá un bus en la fila de entrada del paradero y el tiempo de transición necesario para el abordaje de pasajeros que, en consecuencia entorpece el flujo de movilidad normal del carril donde se está deteniendo el autobús y empieza a generar inconvenientes de congestión aún más cuando la vía carece de calzadas adicionales para sobrepasar el paradero.

Por último el factor en materia de movilidad que repercute el tránsito de vehículos son las *intersecciones peatonales*, estas son importantes para la modelación del tráfico y se cataloga como una intersección señalada de alta prioridad para el paso de transeúntes que puede o no retener al vehículo, en el caso de cruces no semaforizados. Los momentos de detención no siempre serán iguales en las 24 horas del día ni durante el mismo transcurso de tiempo, ya que dependen del tiempo en que más personas estén

dispuestas a pasar por el cruce, la densidad poblacional y si es un cruce escolar u hospitalario, en donde habrán ciertos horarios con mayor congestión ciudadana.

### **3.3 Actividades para el control de la congestión vehicular y disminución de la contaminación atmosférica**

El objetivo de estudiar el comportamiento del tráfico es referenciar el movimiento de una ciudad en cuanto a su movilidad; esto para tener un punto de partida con que trabajar la gestión de todos los factores que dificultan el tránsito, y con ello poder hacerlos converger de una manera armoniosa y efectiva para la ciudad, mejorando aspectos consecuentes de los mismos componentes que alteran el flujo móvil «al tomar medidas de diseño físico y operacional para disminuir los impactos derivados del tráfico, esto significa controlar los impactos producidos al entorno urbano producto de la circulación. Estos son: tiempo, combustible, emisiones (atmosféricas, ruido) y accidentes, entre otros», (R. Fernandez, 2008).

Diversos índices de tráfico son utilizados alrededor del mundo para estudiar las condiciones de movilidad en ciudades específicas, monitoreando en tiempo real las condiciones de tráfico que se están viviendo, dentro de ellas se denota el índice de tráfico TomTom, que según su página web, «The TomTom Traffic Index has been providing detailed insights on traffic congestion levels in over 400 cities around the world for the past 10 years. The report ranks cities from the most to the least congested», (TomTom Traffic Index, 2020). Para el año 2020, como se muestra en la *Figura 4*, las cifras reportadas reflejan los primeros lugares de la lista a ciudades que cuentan con sistemas de transporte público y masivo, entre estos Tokio y Toronto que teniendo sistemas de transporte organizados presentan altos porcentajes de congestión en hora pico, lo cual se puede inferir que el transporte mixto (camiones, taxis, buses, carros particulares), ocupa espacio en las avenidas y ante eso, es normal las congestiones, lo que genera un aumento de entre el 20% y 30% más de tiempo en el recorrido; en cuestión, la sobrepoblación de vehículos redundante en ser el principal problema de tráfico en las ciudades. Propuestas para retar a los ciudadanos a disminuir el uso del transporte



privado no se han hecho esperar, privilegiando y motivando los modos alternos de transporte y fortaleciendo los sistemas de transporte público (LA Network, 2020).

Figura 4.

Traffic Index Ranking. (2020). TomTom Cities Full Ranking 2020. Disponible en: [https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/ranking/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/)

RANK BY FILTER	WORLD RANK ▼	CITY	DAYS WITH LOW TRAFFIC ▼	CONGESTION LEVEL 2020 ▼	CHANGE FROM 2019 ▼
1	1	<b>Moscow region (oblast)</b> Russia	66 days	54%	↓ 5%p
2	2	<b>Mumbai</b> India	133 days	53%	↓ 12%p
3	3	<b>Bogota</b> Colombia	116 days	53%	↓ 15%p
4	4	<b>Manila</b> Philippines	128 days	53%	↓ 18%p
5	5	<b>Istanbul</b> Turkey	80 days	51%	↓ 4%p
6	6	<b>Bengaluru</b> India	147 days	51%	↓ 20%p
7	7	<b>Kyiv</b> Ukraine	48 days	51%	↓ 2%p
8	8	<b>New Delhi</b> India	64 days	47%	↓ 9%p
9	9	<b>Novosibirsk</b> Russia	15 days	45%	0%p
10	10	<b>Bangkok</b> Thailand	44 days	44%	↓ 9%p

Ciudades alrededor del mundo en busca de mejorar la congestión vehicular que se presenta en sus respectivas urbes, han impulsado estudios de caso que ayuden a mejorar los patrones de tránsito detectados y que con la ayuda de inversión tecnológica han dado resultados, mejorando el flujo de movilidad y disminuyendo los índices de contaminación atmosférica en áreas urbanas. Adicional, la creciente preocupación por la contaminación atmosférica y la calidad del aire ha motivado la creación de salas de

debate entre la academia y el gobierno para estudiar medidas de control y alternativas sostenibles a la movilidad ciudadana.

i. Control de tráfico centralizado

«Hay una realidad inevitable en la movilidad urbana: es necesario que la relación entre el carro y la ciudad, que son dos elementos de la vida contemporánea sea más racional y equilibrada. Sistemas de cámaras» (Villegas, 2018). Esta es una nueva forma de adquisición, utilización y procesamiento de datos, donde ayudan a los planificadores a tomar decisiones sobre planificación, zonificación y diseño de la viabilidad y desempeño del transporte local. El punto focal de retención de información analiza cómo se mueve determinada autopista, en qué punto se presentó una emergencia, donde se encuentran las patrullas de apoyo y los momentos de cambio de semaforización para agilizar la movilidad en la zona, (Hidalgo, 2015).

Citado como caso de estudio a nivel internacional el Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín maneja una estrategia para conectar tecnología e innovación para el servicio de la movilidad de esta ciudad, (Portafolio, 2016). Este sistema recopila videos, fotografías y datos a través de 80 cámaras de circuito cerrado con el propósito de detectar accidentes que entorpezcan la movilidad; con estas cámaras un equipo humano genera un reporte del estado de las vías para la atención oportuna, adicional a esto, el centro de tráfico tiene acceso a otras 800 cámaras de la empresa de seguridad urbana para abarcar mejor los incidentes en las vías. Adicional en la página web se puede visualizar en tiempo real el estado de las principales vías (Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín, 2018).

ii. Semaforización inteligente

«Estos dispositivos se basan en un sistema inteligente que maneja los datos en tiempo real y se ajusta a las necesidades reales del tráfico a través de la sincronización automática » (Secretaría de Movilidad de Bogotá, 2019), este sistema recopila y procesa la información de flujos de tráfico para dar prioridad a los actores de la vía que lo necesiten o tengan mayor prelación bien sea peatones, ciclistas y vehículos motorizados (El Tiempo, 2020). Según parámetros medidos por dispositivos instalados en las vías que contabilizan variables de tránsito como capacidad y grado de saturación, se dirigen al controlador ubicados en las intersecciones y de ahí a la central, esta señal se devuelve

a las intersecciones con datos de respuesta que son detectadas y sincronizadas a realizar unas acciones inmediatas.

Por su parte, empresas como DiDi han incentivado las *ciudades inteligentes* en varias regiones de Latinoamérica como lo son Bogotá - Colombia, Sao Paulo, Rio de Janeiro y Porto Alegre en Brasil y Jalisco y Guadalajara en México; contagiándolos con los sorprendentes resultados obtenidos por esta empresa en diferentes ciudades de China, los cuales con una intervención aproximada de 1500 semáforos, llegaron a reducir en un 20% la congestión en las calles, optimizando 344 intersecciones, incrementando la velocidad en un 30% y eliminando 44000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales (DiDi, 2019), donde para nadie es un secreto los grandes problemas de movilidad producto de la sobrepoblación a los que se enfrenta el país de China; DiDi afirma que el éxito de los resultados radica en realizar un primer análisis de datos viales en tiempo real de la ciudad con el fin de detectar patrones de comportamiento, para después desarrollar estrategias de optimización vial según sea el caso, programando así los semáforos inteligentes y direccionando la información al Centro de Tránsito de la ciudad estudiada, «contribuyendo así en mejorar el congestionamiento, reducir tiempos de conducción, y ayudar a disminuir el impacto ambiental con la reducción de emisiones de los vehículos encendidos» (Ramos, 2020).

iii. Sensores inalámbricos para monitorear el tráfico urbano

Investigadores de la Universidad de Málaga desarrollaron una plataforma que permite obtener datos de la circulación urbana y variables ambientales para su posterior seguimiento desde la Unidad Central de Tráfico; al combinar una red de sensores inalámbricos y el dispositivo de Bluetooth de los vehículos, se puede monitorear el trayecto de un vehículo, contabilizando sus paradas, así como la temperatura, emisión de gases y parámetros ambientales externos como el ruido y el polvo, con la información suministrada se puede llegar a calcular tendencias de tráfico y mantener informados a los conductores en tiempo real de la congestión que se presenta en las principales arterias de la ciudad. Según afirman los autores del proyecto este método de seguimiento es rentable ya que los nodos captadores de datos se pueden instalar en postes de red eléctrica o mobiliario urbano como faroles o señales de tránsito y los nuevos vehículos vienen ya equipados con tecnología Bluetooth en su interior, lo que

hace la captación de datos eficiente y económica con las actuales tecnologías de medición (Agencia SINC, 2015).

iv. Recaudo electrónico vehicular

«El recaudo electrónico vehicular es un sistema inteligente para la infraestructura, el tránsito y el transporte, que permite a los usuarios pagar mediante una transacción electrónica bienes o servicios, mediante la utilización de tecnologías de apoyo, instaladas en la infraestructura o en dispositivos a bordo del vehículo» (Decreto 2060 de 2015 Nivel Nacional, 2015). La implementación de los sistemas de pago inteligente puede reducir en un 90% los tiempos muertos de detención y pago del trámite, reduce la congestión vehicular y busca una unificación operativa de la tecnología de facturación y los medios de pago, encontrando interoperabilidad del sistema, para que con un mismo dispositivo se pueda pagar en diferentes establecimientos o peajes.

v. Redirección en las vías

La implementación de alternancia en el sentido de las vías durante horas pico han sido implementadas en ciudades latinoamericanas como son los casos de México, Brasil Ecuador y algunas ciudades de Colombia. El cambio de direcciones se realiza en calzadas sin separación, (donde en un principio las calles tienen la capacidad de permitir dos direcciones contrarias de tránsito), al ingresar a un horario con alta demanda de vehículos, las autoridades de tránsito cambian la dirección de la vía dando prelación al sentido de mayor grado de saturación (Roa-Castellanos, 2016). Un ejemplo es la Avenida Circunvalar en Bogotá, Colombia, desde las 5 de la tarde hasta las 8 de la noche, de lunes a viernes, algunos segmentos de esta se vuelven de un solo sentido, cambiando su dirección general hacia el norte de la ciudad, con el fin de liberar la congestión vehicular de las personas que trabajan en el centro de la ciudad y se dirigen hacia sus respectivas residencias.

vi. Implementación de la bicicleta como alternativa de movilidad

«Hasta hace poco las ciclo rutas eran iniciativas que poco o nada aparecían dentro de los proyectos urbanistas, gracias a la proliferación de automotores y la reducción del espacio destinado a la movilidad, los carriles exclusivos para bicicletas se han convertido en proyectos que no pueden faltar dentro de la visión de una ciudad moderna» (Redacción Revista Logística, 2010). La tendencia creciente en el uso de

automóvil ha complicado las cosas en materia de movilidad alrededor del mundo, disminuyendo el espacio público, dificultando el tránsito vehicular y empeorando la contaminación atmosférica y acústica en la ciudad.

En Europa, los primeros pioneros en la implementación de ciclo rutas para desembotellar el tráfico han sido países como Dinamarca, Holanda, Alemania y Bélgica, los cuales ya han comprobado sus beneficios. En Holanda por ejemplo la bicicleta ya supera el 30% de los desplazamientos urbanos y ha llegado y disminuir en un 20% la carga contaminante producida por fuentes móviles (Redacción Revista Logística, 2010). En Ámsterdam «En las calles, y a diferencia de otras grandes ciudades, las bicicletas dominan el tráfico. Además de ciclo rutas, tienen sus propios semáforos y cuentan con un importante espacio junto a los autos. Incluso hay muchísimas calles que son exclusivas para bicicletas. 780 mil personas residen en la ciudad y se estima que hay alrededor de 881 mil bicicletas» (Paz-Salas, 2015).

La implementación de la bicicleta no solo es resuelta con la construcción de vías especiales para ellas; la capacidad para tener paraderos, estacionamientos, talleres de bicicleta y centros de información también hacen parte de todo el sistema que se necesita y ante esto los países de Latinoamérica mantienen un cierto atraso ya que aún no cuentan con la red completa para prestar en un 100% la eficiencia de esta alternativa.

### **3.4 Propuestas a largo plazo para mejorar la movilidad y disminuir cargas contaminantes**

#### **i. Fin de la era de los combustibles fósiles en la movilidad**

Desde el Acuerdo de París en 2016 se viene haciendo énfasis en la transición de motores de combustión interna que se alimentan de combustibles fósiles a alternativas de energía limpias. En el año 2018 la Comisión Europea ratificó su compromiso por eliminar los automóviles con combustibles fósiles de la circulación de las ciudades en este continente, a partir de una hoja de ruta de 40 puntos que ha denominado *Transporte 2050*, pretenden reducir emisiones del transporte aéreo y potencializar el transporte marítimo y fluvial entre ciudades, haciendo que el 80% de la electricidad que se consuma en Europa sea proveniente de energías renovables para el año 2050. La secuencia

progresiva de pasos para vehículos urbanos particulares y públicos es la hibridación, para después migrar a la electrificación total del automotor. En los planes de la Comisión se plantea a 2030 reducir a la mitad los vehículos a gasolina y diésel en cada ciudad Europea, con el fin de eliminarlos a 2050 en su totalidad (Camós, 2018), pudiendo concluir que para el año 2050 la cantidad de emisiones de CO2 producido por fuentes móviles sea igual a cero (Figura 5). En el continente Asiático, países como India y China también planean a futuro la descarbonización de vehículos, plantean que para el año 2030, se dejen de vender automóviles alimentados por gasolina y diésel con el propósito de introducir vehículos eléctricos y autosuficientes a gran escala, (The Objective España, 2017).

Figura 5.

Agencia Europea del Medio Ambiente. (2018). Emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/industria/fin-era-combustibles-fosiles-tiene-fecha-ano-2050-comision-europea>

En millones de toneladas de CO2 equivalentes



Fuente: Agencia Europea del Medio Ambiente. EL PAÍS

En el continente Americano, Canadá tiene una visión similar de la erradicación de vehículos a gasolina y diésel para 2050 aunque algunas regiones pretenden adelantar la eliminación para 2035. En Estados Unidos sucede algo similar, si bien las normativas de gobierno nacional no han definido un común acuerdo, algunos estados si promueven

la iniciativa, en donde 9 de los 51 estados, uno de ellos Nueva York, ya plantean escenarios con electrificación total de la flota automotora particular y pública para el 2035, y la ciudad de San Francisco espera desde 2030 solo poder registrar vehículos eléctricos con medidas restrictivas a los de combustible fósil desde el año 2025 (Torres-Reyes, 2020). Por su parte en países de América Latina y el Caribe se ha estimado que la contaminación producida por los vehículos cuyo motor funciona a combustión interna representa más del 20% de las emisiones de dióxido de carbono en la región (Rico, 2020). En Colombia por ejemplo se espera que para el año 2040 todos los vehículos tanto públicos como particulares que circulen en Bogotá deberán ser operados con motores de energías limpias. Si bien los tiempos de transición aún son lejanos, la tarea para poder realizarla no será fácil, aunque el cambio hacia tecnologías limpias y responsables con el medio ambiente sean inminentes y las soluciones para hacer los cambios parecen ser claras, la respuesta del gobierno para regular políticas y liberar aranceles de compra para estos vehículos serán necesarios, además de la concientización de las personas a la introducción de estas nuevas tecnologías, el apoyo de los gobiernos será necesario para llevar a cabo la ambiciosa propuesta de transformación sostenible.

## ii. Renovación de marcas automovilísticas

«Electrificar el transporte por carretera y aumentar la generación mediante energías renovables son las claves para reducir los gases de efecto invernadero» (S. Fernandez, 2019). La movilidad tiende a mejorar tecnológicamente de forma exponencial e imparable, aunque no simplemente para mejorar la eficiencia de conducción, la sostenibilidad ahora se impone sin necesidad de disminuir confort ni calidad de conducción. Las casas automotrices han optado por la innovación y reinención de sus vehículos para ofrecer a la movilidad bajas emisiones de dióxido de carbono y una prestación de servicio al usuario más responsable con el medio ambiente. (Revista Muy interesante - España, 2021). «La electrificación del automóvil es un proceso imparable que va ganando velocidad a pasos agigantados, espoleada por el endurecimiento de las regulaciones europeas, la mejora de la tecnología, las ayudas públicas y la mayor conciencia social sobre el cambio climático y la calidad del aire de las ciudades» (Redacción revista Híbridos y Eléctricos, 2020). En el año 2020, la venta

de vehículos eléctricos superó el 30% en todo el mundo, 1 de cada 5 carros vendidos fueron de la marca Tesla, sin embargo, modelos de otras marcas están participando del ranking en ventas por su relación beneficio/costo ubicando a Tesla con un 21% de ventas totales, seguido de BMW con el 7% y Volkswagen que también cuenta con un 7% de ventas a nivel mundial. Se espera que en los próximos 5 años se viva un incremento acelerado en la creación y venta de nuevos modelos tanto híbridos como eléctricos, mucho más económicos y competitivos entre sí; en el 2021 estarán a disposición en Europa 220 modelos de automóviles electrificados, lo que supone cuadruplicar la cantidad de referencias que había para el año 2018 (Redacción revista Híbridos y Eléctricos, 2020). Esto es un paso importante para las marcas automotrices ante la nueva ola verde que se está viviendo, es una oportunidad de mantenerse a la vanguardia, llevando a cabo investigaciones y avances tecnológicos que permita en un futuro la independencia total del transporte y los combustibles fósiles.

### iii. Ciudades inteligentes

«¿Una ciudad donde los carros se conduzcan solos, se construyan casas inteligentes y la mayoría de procesos estén dominados por la tecnología, la sostenibilidad y la inteligencia artificial?» (BBC News Mundo, 2020). Las *ciudades inteligentes* es un concepto emergente que nace del objetivo de crear ciudades sostenibles económica, social y medioambientalmente a partir del uso intensivo de las Tecnologías de Información y Comunicación (*TIC's*) en la creación y mejoramiento de los sistemas que componen la ciudad. Se prevé que para el 2050 el 85% de las personas vivan en urbes, esta proyección hace que las ciudades basen sus esfuerzos en buscar alternativas para afrontar los crecientes problemas que demanda tanta población focalizada, problemas ligados al abastecimiento energético, emisión de gases de efecto invernadero, planificación del tráfico y movilidad, provisión de bienes y materias primas y la prestación de servicios de salud, salubridad y seguridad para todas las personas que habiten en los centros urbanos (Fundación ENDESA, 2018). El Centro de investigación y Desarrollo en Tecnologías de la Información y las Comunidades (*CINTEL*) en 2019 dijo, «la ciudad es inteligente cuando desarrolla la capacidad de crear, recopilar, procesar y transformar la información para hacer sus procesos y servicios mejores y más eficientes, permitiendo mejorar la calidad de vida mediante el uso



eficiente de recursos» (CINTEL, 2019). Los modelos que se plantean en estas urbes son generación eléctrica a través de un abastecimiento individualizado, con redes interconectadas entre el usuario y el centro de control; medición y control del gasto energético de cada usuario a través de tele contadores donde se podrán hacer lecturas a distancia en tiempo real, construcciones inteligentes basadas en la *biomímesis* (Figura 6) como modo de eficiencia y diversas tecnologías de la información y comunicación que sirvan para el control de tránsito y solvencia de cualquier problema relacionado con la vivencia en la ciudad (Fundación ENDESA, 2018).

Figura 6.

Goenaga, A. (2015). Comparación estructura biomimética. Recuperado de: <http://desarrolloturismosostenibleagoenaga.blogspot.com/2015/11/>. Estudio llevado a cabo por Scott Turner de la State University de Nueva York, que a imitación de termiteros, permite crear edificios en los que se puede llegar a ahorrar hasta un 70% de energía respecto a un edificio de características similares.



Las Smart Cities no solo se centran en nuevos proyectos de desarrollo sino que por el contrario hacen la invitación a ciudades dispuestas al cambio a realizar la adecuación e instalación de algunas TIC que les servirán para aliviar algún trámite o servicio congestionado; un ejemplo del inicio de ciudades inteligentes es la ciudad de Málaga en España, la cual centra su gestión en la energía, y con ayuda del grupo ENEL se ha llevado a cabo la instalación de 1700 contadores inteligentes para medir los

valores eficientes de demanda y la intervención de todos los agentes del sistema eléctrico, desde la generación hacia su consumo, con ellas monitorean el consumo de construcciones y controlan algunas de sus cargas. Otro ejemplo de España es Barcelona, que busca crear la primera isla de energía, esta sería el primer punto de carga rápida para vehículos eléctricos en la ciudad, además de poner en marcha una red de alumbrado público con menor gasto de recursos energéticos e implementando energía renovable para su uso. Santiago de Chile busca desplegar su proyecto distrital ligado a las Smart City, con lo cual tiene proyectado la implementación de transporte público eléctrico, tecnología solar para el calentamiento de agua, alumbrado público LED, WiFi público de libre acceso y banda ancha para teléfonos móviles (Fundación ENDESA, 2018).

#### iv. Ciudades de 15 minutos

El profesor Colombiano asociado en la Universidad de Paris IAE-Panteón Sorbona Carlos Moreno es uno de los pioneros en discutir sobre las *ciudades de proximidad*, un campo en el que lleva años trabajando y en el que es considerado como uno de los mayores expertos mundiales, en específico por su teoría de las «ciudades de 15 minutos» (Daza, 2020). Esta es una idea innovadora ya que rompe los venerados estereotipos de metrópolis en las ciudades en donde hay una importancia relativa en una determinada región y se encuentra una mayor concentración de economía, administración y/o cultura. Los pilares principales de la ciudad de 15 minutos afrontan los desafíos actuales en las ciudades referentes al cambio climático y la pandemia del COVID-19, estos consisten en crear un modelo de ciudad centralizada, policéntrica y multi servicial «en la que los ciudadanos solo tengan que desplazarse durante un cuarto de hora para satisfacer sus necesidades esenciales» (Daza, 2020). La proximidad es la clave para hacer que las ciudades tengan más vida explicaba la investigadora Jane Jacobs, las funciones claves para lograr esto son las conexiones de vivienda, trabajo, abastecimiento, educación, salud y ocio en puntos más cercanos, en donde un perímetro corto se pueda desplazar a pie o en bicicleta para poder satisfacer estas necesidades básicas, mejorando sustancialmente la calidad de vida. «Hay que darles una nueva prioridad a los peatones, a las bicicletas, al transporte colectivo y a los vehículos ecológicos. Este cambio de paradigma es inevitable si queremos sobrevivir al cambio

climático» (Moreno, 2020). Carlos Moreno también afirma que las personas que viven en las ciudades se empeñan en sacrificar el tiempo de vida familiar, social y de recreación por los largos trayectos que realizan del trabajo a la casa, estos son los paradigmas que se tienen que abordar y romper en la sociedad citadina.

La ciudad de París en Francia es el epicentro del cambio hacia las ciudades de 15 minutos, con ayuda de la alcaldesa Anne Hidalgo y el urbanista Carlos Moreno, han encontrado la opción de volver esta teoría una realidad y han empezado a ejecutar transformaciones muy concretas en la ciudad (*Figura 7*). «Se han reutilizado espacios como escuelas y parqueaderos; hemos construido lugares más accesibles para peatones y bicicletas; los inmuebles públicos han sido arrendados a pequeños comerciantes para que tengan mayores libertades económicas, se han creado más librerías, galerías y cafés» (Daza, 2020). Así también mientras la ciudadanía propone proyectos de interés público, la Alcaldía los financia y con esto se han logrado crear jardines públicos, centros de reciclaje, lugares de recuperación y economías solidarias.

Figura 7.

Hidalgo, A. (2020). Le Paris du 1/4 Heure. Disponible en: [https://twitter.com/Anne\\_Hidalgo/status/1219580627172888577?ref\\_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwtterm%5E1219580627172888577%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Es1](https://twitter.com/Anne_Hidalgo/status/1219580627172888577?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwtterm%5E1219580627172888577%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Es1) &ref\_url=https%3A%2F%2Fwww.Boceto de ciudad de 15 Minutos propuesto por la Urbanista Carlos Moreno y la alcaldesa de París Anne Hidalgo.



Si bien países de Latinoamérica están interesados en esta propuesta de cambio urbanístico, la dificultad de realización radica en el concepto de lo *común* que debido a la polarización y corrupción es más complejo de llevar a la práctica, cada ciudad es diferente y enfrenta sus propias particularidades, las ciudades de un cuarto de hora

tienen su marco teórico y experimental que permite conocerlo y evaluarlo para definir si es viable o no la implementación y adaptación según se necesite (Llorente, 2020).

#### 4. CONCLUSIONES

Vehículos alrededor del mundo consumen millones de litros de gasolina diariamente; la combustión de este recurso fósil libera distintos tipos de contaminantes a la atmósfera incluyendo el monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, plomo, entre otras, una vez emitidos a la atmósfera, los contaminantes se mezclan con el aire, cuyo grado de concentración dependerá de las condiciones topográficas, climáticas y meteorológicas. La sobrepoblación en ciudades y las estadísticas de vehículos en las mismas conlleva consecuencias nefastas tanto en temas de salud como de movilidad y tránsito para los ciudadanos; la contaminación atmosférica acarrea enfermedades cardiovasculares y respiratorias que causan cerca de 4,2 millones de muertes prematuras anualmente relacionadas a cardiopatías isquémicas y accidentes cerebrovasculares, enfermedades pulmonares e infecciones respiratorias agudas, además de afectaciones a la salud psicológica arraigadas al caos vehicular de las urbes, presión, estrés, mal humor, ira e irritabilidad son entre muchas otras las consecuencias de una mala movilidad ciudadana.

Si bien los ciclos de conducción son útiles para predecir el comportamiento de las arterias vehiculares y sus alrededores, estos estudios no pueden ser únicos, ya que aspectos como el aumento de la población, cambios del transporte público, modificaciones del uso en la carretera, nuevas legislaciones para disminuir huella ecológica, entre otras, hacen que estos ciclos sean dinámicos y estén en constante cambio. La desactualización de los mismos genera sesgos grandes de desinformación a la movilidad actual y por ende deja de ser una medición confiable para estimar datos sobresalientes del flujo automotriz.

Al implementar ciertos parámetros de conducción eficientes se generan numerosas ventajas, tales como menor coste en el mantenimiento de los vehículos y compra de gasolina; mejora del confort, entre otros, haciendo referencia a la disminución de aceleraciones y desaceleraciones bruscas, que conlleva a un estilo de conducción tranquilo; un aumento de la seguridad considerando velocidades de conducción responsables y eficientes y por último una disminución del consumo de gasolina que va fuertemente ligado al descenso de emisiones.

Ciudades alrededor del mundo en busca de mejorar la congestión vehicular que se presenta en sus respectivas urbes, han impulsado estudios de caso que ayuden a mejorar los patrones de tránsito detectados y que con la ayuda de inversión tecnológica han dado resultados, mejorando el flujo de movilidad y disminuyendo los índices de contaminación atmosférica en áreas urbanas. Adicional, la creciente preocupación por la contaminación atmosférica y la calidad del aire ha motivado la creación de salas de debate entre la academia y el gobierno para estudiar medidas de control y alternativas sostenibles a la movilidad ciudadana.

## 5. RECOMENDACIONES

Se sugiere la continuación en la investigación de los mecanismos y planes de desarrollo que están adoptando las ciudades para mejorar la movilidad y tráfico, nuevas teorías de organización territorial están tomando forma en la actualidad y la particularidad de poder implementarlas en diferentes ciudades radica en la responsabilidad y compromiso de los gobernantes de crear vínculos y alianzas con la academia para su adecuada realización.

Las TIC's son fundamentales para el cambio, se recomienda continuar con la búsqueda de información sobre nuevos mecanismos para la medición de emisiones descargadas a la atmósfera, como por ejemplo, la ayuda de Sistemas de Información Geográfica y sensores Bluetooth instalados en vehículos poder calcular los gases expulsados por cada trayecto realizado del vehículo, con una base de datos global de la ciudad se podría llegar a predecir cuales son las arterias que más polución generan en tiempo real, analizando estas muestras se podrían tomar medidas de control y flujo de vehículos en las áreas demarcadas.

Se recomienda prestar atención a la co-gobernanza del aire entre agentes políticos y sectores de la ciencia y academia que son fundamentales para la creación de ideas salientes en bancadas distritales, mesas de diálogo y planes escolares ambientales, además, pueden llegar a ser focos de información e innovación extraordinarios que propenden el desarrollo multidisciplinar para un avance local, distrital y nacional.



## BIBLIOGRAFÍA

- A-categoría. (2007). Problemas de la movilidad y su repercusión urbana e individual. Ecologistasenaccion.Org. <https://www.ecologistasenaccion.org/9845/problemas-de-la-movilidad-y-su-repercusion-urbana-e-individual/>
- Agencia SINC. (2015). Sensores inalámbricos y Bluetooth para monitorizar el tráfico urbano. Agencia SINC. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Sensores-inalambricos-y-Bluetooth-para-monitorizar-el-trafico-urbano>
- Amaya, R. (2019). ¿Cuánta gasolina consume la calefacción y aire en el coche? Grupo Endesa. <https://www.endesa.com/es/conoce-la-energia/blog/aire-acondicionado-calefaccion-coche>
- Artés, D. G. (2020). Aerodinámica del automóvil: principios básicos. Diario Motor. <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/aerodinamica/>
- Auto 10 Reportajes. (2018). 5 factores que influyen en el consumo del coche. auto 10.com. <https://www.auto10.com/reportajes/5-factores-que-influyen-en-el-consumo-del-coche/16516>
- Baeza Romero, M. T., & Rodríguez Cervantes, A. M. (2018). Entendiendo el origen y evolución del monóxido de carbono en el aire que respiramos. Revista Técnica de Medio Ambiente. <https://www.retema.es/articulo/entendiendo-el-origen-y-evolucion-del-monoxido-de-carbono-en-el-aire-que-respiramos-1AF4C>
- Banco Mundial. (2017). *Transporte*. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview>
- BBC News Mundo. (2020). Cómo será la “ciudad del futuro” que Toyota va a construir en Japón. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51036718>
- Benavides, H., & León, G. (2007). Gases de Efecto invernadero y cambio climático.
- Bolaji, B. O., & Adejuyigbe, S. B. (2006). Vehicle Emissions and their Effects on the Natural Environment
- Camós, J. (2018). El fin de la era de los combustibles fósiles ya tiene fecha: año 2050, según la Comisión Europea. Motorpasion.Com. <https://www.motorpasion.com/industria/fin-era-combustibles-fosiles-tiene-fecha-ano-2050-comision-europea>

- CarroYa. (2016). ¿Por qué “frenar” con la caja le ahorra combustible?  
<https://www.youtube.com/watch?v=f6ijkjxh7c>
- CeMCAQ. (2017). Material Particulado. Centro de Monitoreo de La Calidad Del Aire Queretaro. <http://www.cemcaq.mx/contaminacion/particulas-pm>
- CINTEL. (2019). Ciudades Inteligentes. <https://cintel.co/lineas-de-accion/innovacion/ciudades-inteligentes/#:~:text=La definici3n adoptada por el,sistemas que componen la ciudad.>
- Clopatofsky, J. (2015). ¿Vale la pena pagar por el inflado de las llantas con nitr3geno?  
<https://www.motor.com.co/actualidad/tecnologia/aire-nitrogeno/24122>
- Costas, J. (2013). La mejora de la eficiencia (parte 1) aerodinámica, neumáticos, fricción, climatización y peso. Motorpasion.Com.  
<https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/la-mejora-de-la-eficiencia-parte-1>
- Dai, Z., Niemeier, D., & Eisinger, D. (2008). Driving cycles: a new cycle-building method that better represents real-world emissions. The U.C. Davis-Caltrans Air Quality Project, pág 37.
- Daza, S. A. (2020). ‘Ciudades de 15 minutos’: Mejores ciudades y mucho más humanas. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/ciudad-de-15-minutos-es-el-modelo-urbano-sostenible-de-paris-532260>
- DiDi. (2019). Conferencia DiDi: Movilidad inteligente para las ciudades del futuro. Movilidad Inteligente Para Las Ciudades Del Futuro, 19.  
<https://es.investinbogota.org/sectores-de-inversion>
- Documental Discovery MAX. (2016). Catalizador del Coche - Fragmento de la franja ¿Cómo funciona? En ¿Cómo lo hacen? <https://youtu.be/pd3NABUxiUE>
- El Tiempo. (2020). ¿En qué va el sistema de semáforos inteligente de Bogotá? Periódico El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/en-que-va-el-sistema-de-semaforos-inteligente-472584>
- Emission Test Cycles. (2019). Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle (WLTC). DieselNet. <https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php>
- Emission Test Cycles. (2014). FTP-75. Emission Test Cycles.  
<https://dieselnet.com/standards/cycles/ftp75.php>

- EsmartCity. (2018). Movilidad Urbana. EsmartCity.Es.  
<https://www.esmartcity.es/movilidad-urbana#:~:text=La movilidad urbana es el, en transporte público y privado.>
- Fernandez, R. (2008). Elementos de la teoría del tráfico vehicular (J. C. Dextre (ed.)). Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.  
[https://www.researchgate.net/publication/263925461 Elementos de la teoria del trafico vehicular](https://www.researchgate.net/publication/263925461_Elementos_de_la_teor%C3%ADa_del_trafico_vehicular)
- Fernandez, S. (2019). Coches eléctricos y energías renovables: hacia la electrificación y la reducción de emisiones. Hibridosyelectricos.Com.  
<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/coches-electricos-energias-renovables-electrificacion-reduccion-emisiones/20190607145134028138.html>
- Fundación ENDESA. (2018). Smart Cities.  
<https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-smart-city>
- Galán, M. (2017). El par motor: qué es y cómo influye en el rendimiento de tu motor. Actualidadmotor.Com. <https://www.actualidadmotor.com/par-motor-que-es/#comments>
- Generalitat Valenciana. (2015). Contaminación fotoquímica.  
<http://www.agroambient.gva.es/va/web/calidad-ambiental/el-smog-fotoquimico>
- Glosario Renting finders. (2010). Cómo aparece reflejada la aceleración en la ficha de un coche. <https://rentingfinders.com/glosario/aceleracion/#:~:text=La aceleración es aquella capacidad,0 a 100 km%2Fh.>
- Gómez, B. P. (2011). Desarrollo de una metodología para la generación de ciclos de conducción representativos del tráfico real urbano. Aplicación para la medida de emisiones en banco de rodillos Universidad Politécnica de Madrid.  
[http://oa.upm.es/9437/2/PFC Borja Pintos Gomez de las Heras.pdf](http://oa.upm.es/9437/2/PFC_Borja_Pintos_Gomez_de_las_Heras.pdf)
- González-Oropeza, R. (2005). Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. Ingeniería Investigación y Tecnología, pág 147–162.  
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2005.06n3.011>
- GreenFacts. (2007). Definición Metano.  
<https://www.greenfacts.org/es/glosario/mno/metano.htm>

- Grupo Gesta Aire - Mexico. (2012). Propuesta estándares emisiones de fuentes móviles.  
[http://www.ciu.com.uy/innovaportal/file/42609/1/gesta\\_aire\\_web\\_dinama\\_fuentes\\_moviles.pdf](http://www.ciu.com.uy/innovaportal/file/42609/1/gesta_aire_web_dinama_fuentes_moviles.pdf)
- Grupo Villar Mar. (2019). ¿Cómo nos afecta el smog fotoquímico? Energíavm.Es.  
<https://www.energyavm.es/como-nos-afecta-el-smog-fotoquimico/>
- Guzmán, M. (2016). La historia de la gasolina como nunca te la han contado. Coches.Com. <https://noticias coches.com/videos/la-historia-de-la-gasolina-como-nunca-te-la-han-contado/206829/>
- Hidalgo, D. (2015). Cinco maneras de usar la tecnología para mejorar la movilidad urbana. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/>
- Huertas, J. I., Giraldo, M., Quirama, L. F., & Jenny, D. (2018). Driving Cycles Based on Fuel Consumption. <https://doi.org/10.3390/en11113064>
- International Organization Of Motor Vehicle Manufacturers. (2019). International Organization Of Motor Vehicle Manufacturers. Sales Statistics.  
[http://www.oica.net/wp-content/uploads/total\\_sales\\_graph\\_2019.jpg](http://www.oica.net/wp-content/uploads/total_sales_graph_2019.jpg)
- LA Network. (2020, February). Congestión vehicular: así van las ciudades latinoamericanas. Equipo Editorial LA Network - Medellín.  
<https://la.network/congestion-vehicular-asi-van-las-ciudades-latinoamericanas/>
- Larrazábal, J. (2004). Manual de conducción eficiente. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), como adaptación del manual “Ecodriving: Smart, efficient driving techniques”
- Llorente, A. (2020). Coronavirus en Francia: qué es la “ciudad de 15 minutos” que está implementando París y cómo podría ayudar a la recuperación económica tras la pandemia. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-53589225>
- Decreto 2060 de 2015 Nivel Nacional, Gobierno de Colombia (2015).  
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=27491&cadena=v#:~:text=El recaudo electrónico vehicular es, en dispositivos a bordo del>
- Ministerio del Interior de Madrid & Dirección General de Tráfico de Madrid. (2011). Manual de Conducción eficiente. 18.

- Moreno, C. (2020, August 23). 'Ciudades de 15 minutos': mejores ciudades y mucho más humanas. Periódico El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/ciudad-de-15-minutos-es-el-modelo-urbano-sostenible-de-paris-532260>
- Moreno, F. (2009). El consumo de combustible con el motor frío. Diario Motor. <https://www.diariomotor.com/2009/12/29/el-consumo-de-combustible-con-el-motor-frio/>
- Naturales, S. de M. A. y R., & Climático, I. N. de E. y C. (2009). Los vehículos automotores como fuentes de emisión. In Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares (pág. 28). <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/vehiculos.pdf>
- Obando, L. F. (2018). Desaceleración y control de velocidad del vehículo. Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas. <https://dademuch.com/2018/03/26/desaceleracion-y-control-de-velocidad-del-vehiculo/#:~:text=Tenga en cuenta que dado,pequeño y la desaceleración disminuirá.>
- Ortega, S. (2017). Diferencia Resistencia aerodinámica. <https://www.leaseplango.es/blog/conduccion-eficiente/resistencia-al-movimiento-vehiculo-guia-superfacil/#:~:text=La resistencia aerodinámica es la,vehículo a través del aire.&text=Por regla general%2C dicho coeficiente,vehículos de producción en serie.>
- Otero, A. (2020). Cuánto consume el aire acondicionado de un coche. Motorpasion.com. <https://www.motorpasion.com/tecnologia/cuanto-consume-aire-acondicionado-climatizador-coche-ri>
- Paz-Salas, M. (2015). La ciudad donde la bicicleta manda. Periódico El Definido. <http://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/%0A109/Amsterdam la ciudad donde la bicicleta manda/>
- Pérez, A. (2019). Diferencias entre el WLTP y el NEDC: todo lo que tienes que saber. 15añosAutobild.Es. <https://www.autobild.es/noticias/diferencias-wltp-nedc-todo-tienes-saber-503457#:~:text=Estas son las principales diferencias,tiempo de aproximadamente 20 minutos.>
- Portafolio. (2016). Cinco soluciones modernas para mejorar la movilidad. Periódico

- Portafolio. <https://www.portafolio.co/innovacion/cinco-soluciones-modernas-para-mejorar-la-movilidad-502060>
- RACC Club. (2017). Cambio de marchas a bajas revoluciones | Técnicas de conducción eficiente. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=AFRyNxHDxCY>
- Ramos, M. (2020). DiDi hará de Guadalajara la primera Ciudad Inteligente de México. Marketing for Ecommerce Mexico. <https://marketing4ecommerce.mx/didi-hara-de-guadalajara-la-primera-ciudad-inteligente-de-mexico/>
- Redacción revista Híbridos y Eléctricos. (2020, July). La electrificación del automóvil, un proceso imparable que avanza a pasos agigantados. Híbridosyelectricos.Com. <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/electrificacion-automovil-proceso-imparable-avanza-pasos-agigantados/20200718114208036711.html>
- Redacción Revista Logística. (2010). La bicicleta como alternativa de movilidad. In Revista Logística. <https://revistadelogistica.com/transporte-y-distribucion/la-bicicleta-como-alternativa-de-movilidad/>
- Revista Motor España. (2018). ¿Qué es el dióxido de carbono y cuál es su relación con los coches? <https://www.motor.es/que-es/catalizador>
- Revista Muy interesante - España. (2021, January). La movilidad del futuro en nuestras manos. Revista Muy - España. [www.muynegociosyeconomia.com/la-buena-vida/la-movilidad-del-futuro-en-nuestras-manos/](http://www.muynegociosyeconomia.com/la-buena-vida/la-movilidad-del-futuro-en-nuestras-manos/)
- Revista Vida Sostenible. (2015). Metano, vacas y cambio climático. VidaSostenible.Org. <https://www.vidasostenible.org/metano-vacas-y-cambio-climatico/>
- Rico, M. A. R. (2020). Este es el panorama de los países que están prohibiendo los carros a gasolina. La República. <https://www.larepublica.co/empresas/este-es-el-panorama-de-los-paises-que-estan-prohibiendo-los-carros-a-gasolina-2970643>
- Roa-Castellanos, R. A. (2016). 3 Medidas sistémicas para descongestionar el tráfico urbano y mitigar el cambio climático. Revista Nova et Vetera - Universidad Del Rosario, 2. <https://doi.org/2422-2216>
- Secretaría de Movilidad de Bogotá. (2019). La semaforización inteligente llegó para mejorar la movilidad de Bogotá. <https://bogota.gov.co/asi-vamos/conoce-la-semaforizacion-inteligente-en-bogota>
- Seguros de coche Genesis. (2012). Velocidad y Aceleración Vs. Consumo de Gasolina.

- <https://blog.genesis.es/velocidad-y-aceleracion-vs-consumo-de-gasolina/#:~:text=La aceleración y la velocidad de carburante que se consume.>
- Seguros Mapfre. (2020). Si la presión de inflado en los neumáticos es inferior a la recomendada ¿aumenta el consumo de combustible? Canal Motor.  
<https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-para-ahorrar/como-afectan-las-presiones-de-los-neumaticos-al-consumo/>
- Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín. (2018). Sistema Inteligente de Movilidad. Área Metropolitana Valle de Aburrá, Sección Futuro Sostenible.  
<https://www.metropol.gov.co/noticias/elmetropolitano-movilidad/sistema-inteligente-de-movilidad>
- Skrobisz, P. (2018, December 14). Cómo influyen los neumáticos en el consumo de combustible. *Oponeo.Es*. <https://www.oponeo.es/blog/como-los-neumaticos-influyen-en-el-consumo-de-combustible>
- Sodexo Comunicaciones. (2018, March 23). Así te ayuda la presión de las llantas a ahorrar gasolina. *Empresa Sodexo*. <https://blog.sodexo.co/presion-de-las-llantas-te-ayuda-ahorrar-gasolina>
- The Objective España. (2017). El fin de los coches de gasolina y diésel, cada vez más cerca. *Periódico The Objective España*. <https://theobjective.com/further/el-fin-de-los-coches-de-gasolina-y-diesel-cada-vez-mas-cerca>
- Thomson, I., & Bull, A. (2001). La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. In N. U. CEPAL (Ed.), *os Naturales e Infraestructura*. División de Recursos Naturales e Infraestructura - Unidad de Transporte. <https://doi.org/10.3989/arbor.2000.i653.1000>
- TomTom Traffic Index. (2020). *Traffic Index 2020*. TomTom Traffic Index.  
[https://www.tomtom.com/en\\_gb/traffic-index/ranking/](https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/)
- Top Gear España. (2019). Así es el nuevo Protocolo de emisiones WLTP. Top Gear España. <https://www.topgear.es/noticias/As-es-el-nuevo-protocolo-de-emisiones-WLTP/>
- Torres-Reyes, A. de la. (2020). Fin a los coches diésel y gasolina: dónde y cuándo hay planes de prohibiciones. *Autopista.Es*. [https://www.autopista.es/noticias-motor/fin-coches-diesel-gasolina-donde-cuando-hay-planes-prohibiciones\\_215824\\_102.html](https://www.autopista.es/noticias-motor/fin-coches-diesel-gasolina-donde-cuando-hay-planes-prohibiciones_215824_102.html)

Twenergy. (2019). Las emisiones contaminantes de los coches.

<https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/contaminacion/las-emisiones-contaminantes-de-los-coches-605/>

United States Environmental Protection Agency EPA. (2015). Muchos factores afectan su ahorro de combustible. <https://www.fueleconomy.gov/feg/esfactors.shtml>

United States Environmental Protection Agency EPA. (2017). EPA Federal Test Procedure (FTP). <https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide/epa-federal-test-procedure-ftp>

Velocidad Total. (2019). Calentar el motor ¿antes de arrancar? YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=hB1CHZVIC9A>

Villegas, R. A. (2018). Los Centros de Control y Gestión Inteligente de Tráfico, cada vez más necesarios en las ciudades. <https://www.sytecsa.com/2018/07/11/los-centros-de-control-y-gestion-inteligente-de-trafico-cada-vez-mas-necesarios-en-las-ciudades/>

Webedia Brand Services. (2017). Cómo afectan las fases de arranque y aceleración en los picos de consumo de un coche. Motorpasion.com.

<https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/como-afectan-las-fases-de-arranque-y-aceleracion-en-los-picos-de-consumo-de-un-coche>