

Relación entre el parque automotor y su impacto ambiental en América

Pedro Luis Cabanillas-Gálvez, Carlos Raymundo Ydrogo-Pérez, Félix Eduardo Vigo-Zumaeta, Sócrates Pedro Muñoz-Pérez*

Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán, Carretera Pimentel 5 km, Lambayeque, Perú.

Fecha de recepción: 3 de noviembre de 2020 - Fecha de aceptación: 1 de enero de 2021

Resumen

A través de estos últimos años, el crecimiento de las actividades primarias y secundarias han evolucionado de manera positiva en todo el mundo, simplificando las limitaciones y mejorando la calidad de vida. Sin embargo, se han generado fenómenos negativos, donde es relevante hablar del incremento vehicular.

El presente artículo de revisión bibliográfica define la actividad diaria del parque automotor, las causas que ha provocado como la contaminación ambiental, enfermedades en los seres vivos, los accidentes de tránsito, destrucción de estructuras, entre otros. Asimismo, se menciona las investigaciones y alternativas de solución que se han desarrollado.

Palabras Clave: Vehículo, contaminación, tráfico, enfermedades.

Relationship between the vehicle fleet and its environmental impact in America

Abstract

Throughout the last few years, the growth of primary and secondary activities has evolved positively in the whole world, simplifying limitations, and improving quality of life. However, negative phenomena have been generated, where it is relevant to speak of the increase in vehicles.

This bibliographic review article defines the daily activity of the vehicle fleet, the causes it has caused such as environmental pollution, diseases in living beings, traffic accidents, destruction of structures, among others. Likewise, the investigations and alternative solutions that have been developed are mentioned.

Keywords: Vehicle, pollution, traffic, diseases

*msocrates@crece.uss.edu.pe

Introducción

El acelerado incremento del parque automotor y la paulatina gestión para la construcción de nuevas carreteras, generan abundantes problemas relacionados al congestionamiento vehicular, contaminación del medio ambiente y daños a la salud humana (Zgurovsky et al., 2020). Este incremento de vehículos aumenta la posibilidad de ocurrencia de accidentes de tránsito, los cuales se generan mayormente por errores humanos (Magaña et al., 2020).

Sam et al. (2019) comentan que, debido a la rápida expansión urbana, el número de vehículos ha ido en ascenso y esto ha originado que el nivel de contaminación aumente, siendo el causante del 70 % del calentamiento global. Esto se da por distintos factores como son el tipo de vehículo, sus características, su año de fabricación y que sumado a la mala gestión del desarrollo vial hacen que se dispersen partículas contaminantes como PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , SO_2 entre otros, repercutiendo en la salud de las personas.

Pérez et al. (2014) refieren que en la actualidad las grandes ciudades necesitan utilizar el transporte para realizar sus actividades económicas, sociales, culturales, y otras. Sin embargo, estas traen grandes consecuencias desde enfermedades en la salud humana hasta la destrucción de la capa de ozono.

Brenlla y Fernández-Da (2020) expresan que el desarrollo del transporte ha incitado a traer grandes beneficios para la población, pero este a su vez trae consigo una gran cantidad y variedad de consecuencias que pueden considerarse como progreso de los mismos, por ejemplo, los accidentes de tránsito.

Pérez y Lucas (2020) afirman que la contaminación sonora ha emergido como un problema creciente hoy en día, puesto que

existen una mayor cantidad de flujo vehicular y por consecuencia un aumento en los decibeles (dB) provocando así molestias tanto a los emisores como aquellos receptores que transitan alrededor. Para Calquin et al. (2019) el ruido es un contaminante invisible, que genera efectos fisiológicos, psicológicos y económicos en la salud de las personas.

Serafin (2019) especifica que el sector transporte es partícipe de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), produciendo en México un crecimiento desordenado. En ese sentido el transporte con dichas características suscita el deterioro de infraestructuras en sus vías urbanas. Además, Moura et al. (2019) exponen que en el caso de la ciudad de Fortaleza (Brasil) la contaminación del aire es producida por el parque automotor, destruyendo masivamente las áreas verdes, áreas de esparcimiento y recreación de la población.

Ramírez et al. (2019) describe que un sin número de contaminantes en el aire es provocado por el incremento vehicular generando un gran problema, por lo que se busca mejorar la calidad del aire, con la producción de combustibles y vehículos más limpios.

El incremento vehicular trae consigo la realización de nuevas vías, las cuales ayudarán a evitar congestionamientos. Estas nuevas vías probablemente lleguen a pasar por refugios de vida silvestre. En estos casos, tal como se tiene en cuenta en muchos países europeos, se deberá realizar obras complementarias en las vías para evitar el atropello de diferentes animales, de los cuales puede haber especies en peligro de extinción (Silva et al., 2020).

Marco Metodológico

Este artículo se realizó en base a la revisión de la literatura correspondiente al tema del incremento vehicular puesto que esto causa contaminación, congestionamiento vehicular y enfermedades en los seres vivos. Las bases de datos seleccionadas para la búsqueda de la información fueron Scopus, Scielo y Statista.

Marco teórico

Incremento vehicular en diferentes países

Para Pedraza-Martínez (2013), el incremento acelerado de automóviles ha provocado un aumento del desorden de movilización, ocasionando fallas y problemas diversos en las vías. Por ello es fundamental realizar requerimientos de desarrollo de nuevas tecnologías de sistemas de semaforización, esto debido a que es indispensable para reducir la contaminación y el desorden vehicular como agentes principales hoy en día. Actualmente, se viene trabajando y se ha logrado utilizar prototipos de monitoreo, entre los cuales están los sistemas inteligentes de transporte que han controlado el tráfico de manera ordenada y a su vez configurar nuevas alternativas donde los automotores puedan transitar sin dificultad. Estos sistemas de transporte inteligente han dado excelentes resultados haciendo que reduzcan las emisiones contaminantes de los vehículos y el gasto de energía, superando lo previsto con creces (Yang et al., 2020).

Cogliati & Gonzales (2016) estudiaron el tráfico vehicular en la ciudad de Neuquén y Centenario (Argentina) descubriéndose que existían más de 14000 vehículos por día durante el año 2007 y 5 años después este se incrementó a un 12 %, concluyendo así que la calidad del aire se reduciría a vivir respirando agentes dañinos.

Godoy-Perez et al. (2020) sostienen que el gran problema del aumento vehicular es causado por la demanda poblacional, provocando grandes desórdenes en las vías. Es por ello que mencionan que la forma correcta de gestionar a este problema es mediante el uso de sistemas de tráfico inteligente a través de las tecnologías de la información y comunicación, lo cual dispone colocar una red de sensores en los semáforos para detectar y buscar nuevas rutas de

viabilidad. En la tabla 1 se muestra el parque automotor per cápita de los países de América, mostrando a Estados Unidos en primer lugar con 965 vehículos por cada 1000 habitantes y en último lugar a Honduras con 11 vehículos por cada 1000 habitantes.

Tabla 1: Parque automotor per cápita en diferentes países (2018)

País	Nº vehículos/1000 hab.
EE.UU.	965
Canadá	563
México	273
Brasil	209
Uruguay	174
Perú	41
Honduras	11

Fuente: (ABC de América, 2018)

Consecuencias

Congestionamiento Vehicular

El congestionamiento vehicular está estrechamente relacionado con el tiempo de duración de los semáforos, longitudes de colas de vehículos en atascos, flujo vehicular, entre otros. Estos factores deben ser cuidadosamente estudiados para así mejorar los tiempos de viaje ya sea a hogares, centros laborales o centros de aprendizaje (Valencia et al., 2020). En los diferentes países de América se pierden muchas horas al año debido al congestionamiento vehicular. En la tabla 2 se muestra las ciudades capitales de América en las que el tráfico se vuelve un verdadero dolor de cabeza, mostrando a la ciudad de Bogotá en primer lugar con 191 horas promedios pérdidas por año y en último lugar a la ciudad de Quito con 144 horas promedio pérdidas.

Según Pedraza et al. (2012) indican que se ha buscado diferentes estrategias para el control

del congestionamiento vehicular, ya que hoy en día es un problema de gran magnitud, y a través de su artículo nos proponen el uso del sistema de inferencia difusa basado en redes adaptivas que busca sincronizar los tiempos de duración y desfase de los semáforos, para que así se proporcione un orden en las vías transitables.

Tabla 2: Ciudades Capitales de América en las que se pierde mayor tiempo de viaje por atascos de tráfico

Ciudad/País	Promedio de horas perdidas por año
Bogotá (Colombia)	191
Rio de Janeiro (Brasil)	190
Ciudad de México (México)	158
Quito (Ecuador)	144

Fuente: (Burgueño, 2020a)

En otra investigación realizada por **Burgueño (2020b)** expresa que la ciudad de Lima es una de las muchas en América que presenta una tasa de incremento de tráfico elevada. Este congestionamiento vehicular se desarrolla en las horas pico, que son generalmente en las mañanas y en las noches.

Asprilla et al. (2017) señala que el incremento vehicular ha llevado a mejorar la calidad de vida de la población. Sin embargo, es importante mencionar que este ha traído a su vez consecuencias graves, dentro de las cuales se recalca la cantidad de accidentes diarios ocasionando una tasa de mortalidad directamente proporcional al crecimiento vehicular.

McCarthy (2020) comenta que el congestionamiento vehicular trae consigo considerables pérdidas económicas en los distintos países. Estas pérdidas están relacionadas al tiempo que pierden los viajeros y vehículos de transporte de mercancías en los atascos. Durante ese tiempo aumenta el consumo de combustible de los vehículos, así como la posibilidad de que ocurran accidentes de tránsito.

Deterioro de la salud de las personas producidas por la contaminación vehicular

Collins et al. (2015) estiman que la población más propensa a contraer cáncer por la exposición de la contaminación del aire producida por los vehículos en Miami son los blancos no hispanos debido a factores como la cercana distancia a sus trabajos, el servicio del transporte que se usa y los deseos de vivir en un ambiente con muchas comodidades. Mehmood et al. (2020) exponen que los hidrocarburos aromáticos cíclicos son los agentes contaminantes más agresivos dado que la mayoría de las personas expuestas a estas partículas padecerán de cáncer de por vida.

Ramos et al. (2020) demostraron que en la ciudad de Sao Carlos los ciclistas están expuestos a altos niveles de ruido originado por el gran cúmulo vehicular. Estos niveles eran mayores a 75 dBA, por lo que estos podrían repercutir sobre la salud de los ciclistas ocasionándoles estrés, pérdida de sueño, problemas como la presión arterial alta y micro infartos.

Zamorano-Gonzales et al. (2019) aclaran que el ruido producido por los vehículos ha provocado un 40 % de daño en la salud de las personas, ya que estarían expuestos a niveles superiores de 55 dB. Esta producción es atribuida al incremento vehicular de los países en desarrollo y aquellos donde no existen muchas restricciones de licencias de conducir.

De igual modo, en México el tráfico vehicular es la mayor fuente de contaminación sonora en las zonas urbanas, llegando a 75 dBA en las vías de

acceso a Chihuahua, causando un alto impacto en los seres vivos (Olague-Caballero et al., 2016).

Chaux-Alvarez & Acevedo-Buitrago (2019) describen que en Barrios Unidos (Colombia) se vive un caos, ya que todos los días se superan los niveles de ruido en el intervalo de 75 dB y 80 dB, afectando directamente a los pacientes que se encuentran en recuperación en los hospitales aledaños.

Dirks et al. (2012) manifiestan que los más afectados por la contaminación son las personas que realizan actividad física al aire libre dado que estos están más expuestos a partículas por un prolongado tiempo, enfatizando que los niveles de contaminación más bajas lo experimentan los viajeros de tren.

Los niveles de contaminación emitidos por camiones pesados con Diésel automatizado son 18% mayor que los camiones pesados eléctricos, generando así un aproximado de 4,7 mil toneladas métricas de CO₂ más que su contraparte, con lo que se estima que su impacto en la salud de las personas es dos veces mayor (Sen et al., 2020).

Rodrigues et al. (2020) enfatiza que, en el corredor azul de Sao Paulo, el reemplazo de vehículos pesados alimentados con Diésel por otros con gas natural licuado no es suficiente para evitar muertes producidas por las partículas PM que estos emiten, lo cual origina enfermedades cardiovasculares en personas mayores de 30 años.

Zafra-Mejía et al. (2019) resaltan que producto del tráfico vehicular existente en Bogotá (Colombia) se ha descubierto una nueva gama de contaminantes, incluyendo a los metales pesados. Esto último es relevante ya que causa enfermedades respiratorias como el asma y el cáncer al pulmón.

Contaminación atmosférica de origen vehicular

Zamorano et al. (2019) esclarece que mediante el desarrollo urbano en las grandes ciudades no solo se está progresando en el desarrollo económico, sino que también está creciendo la contaminación ambiental gracias al aumento desinteresado de la contaminación acústica provocando así no solo impactos negativos en la salud de la población, sino también, la destrucción de nuestra naturaleza, etc.

Alvarez et al. (2019) dan a conocer sobre los estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Inmunológicas, en los cuales se observó que el CO y el PM_{2.5} son agentes muy altos en contaminación atmosférica provocando un aumento en el calentamiento global y daños considerables en la salud de los habitantes de Cartagena (Colombia).

Madrazo et al. (2019) puntualizan que en la Habana el sector transporte es uno de los principales factores de contaminación atmosférica, a través del uso de vehículos antiguos (1980- 2001) ocasionando la expulsión de enormes cantidades de agentes contaminantes como PM₁₀, SO₂ y NO₂. Además, es válido mencionar que estos aumentarán por las estaciones del año y por el estado de las vías.

Gómez et al. (2020) expresan que, en Latinoamérica 100 millones de personas están expuestas a una mala calidad de aire lo cual supera a lo indicado según la OMS.

En la gran parte de países de Latinoamérica circulan vehículos con tecnología antigua, la cual hace uso de gasolina, petróleo, etc. Por ello la renovación de esta flota vehicular, es una opción que ayudaría considerablemente a reducir las emisiones de carbono negro, comúnmente llamado hollín, monóxido de carbono (CO), entre otras emisiones altamente perjudiciales para la salud (Paz Córdova, 2019). Últimamente ya se cuenta con vehículos híbridos y eléctricos, los cuales son una opción para reducir considerablemente la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente (Tucki et al., 2020).

Rojas (2020) explica que en Ecuador muchos dueños de vehículos de forma deliberada optan por quitar el catalizador del motor produciendo que los gases sean expulsados de forma directa hacia el medio ambiente generando un problema grave.

En los primeros meses del 2020 según un estudio a cargo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se indicó la considerable reducción de emisiones de dióxido de nitrógeno en la atmósfera debido al confinamiento por el brote del virus denominado COVID-19. Estas circunstancias nos hacen comprender en qué condiciones está la calidad del aire en distintos países de América (Pasquali, 2020).

Calla & Luján (2018) manifiestan que, en Bolivia debido a la alta tasa de crecimiento urbano, se ha dado un incremento acelerado del parque automotor, causando así que este sea el principal responsable del 70 % de la contaminación en general. Por ello, se identificó los diferentes tipos de contaminantes que se generan por año en el ambiente, arrojando los siguientes resultados: 148,480.19 miligramos de monóxido de carbono (CO), 791,091.70 miligramos de dióxido de carbono (CO₂), 20,401.14 miligramos de compuesto orgánicos volátiles (COV), 8,885.31 miligramos de óxido de nitrógeno (NOX) y 13,135.54 miligramos de material particulado (PM10).

Se hace interesante saber que Perú y Chile son los países con mayor contaminación atmosférica en el continente americano. En la tabla 3 se muestra los países de América con mayor concentración de partículas en el aire, mostrando a Perú en primer lugar con 28 PM2.5 y en último lugar a Canadá con 7.9 PM2.5.

Tabla 3: Países y ciudades de América con mayor concentración de partículas en el aire

País	Material particulado PM _{2.5} (µg/m ³)
Perú	28.0
Chile	24.9
México	20.3
Brasil	16.3
EE.UU.	9.1
Canadá	7.9

Fuente: (IQAir AirVisual, 2018).

Alternativas de Solución

Tong & Azevedo (2020) en el estado de Pensilvania (Estados Unidos) para minimizar los costos que conlleva los daños por contaminación vehicular se han implementado un sistema de transporte como lo son los vehículos eléctricos con batería y los híbridos eléctricos que ayudan a disminuir el cambio climático y la contaminación del aire, teniendo un coste de daño de solo 1.71 centavos de dólar por milla y 0.77 centavos de dólar por milla respectivamente.

Pulido et al. (2019) expresan que en Latinoamérica se han propuesto utilizar un Método Genético Celular basándose en los algoritmos de optimización multiobjetivo denominados algoritmo genético de clasificación no dominado y algoritmo evolutivo de Pareto de fuerza para un mejor enrutamiento de los vehículos generando rutas alternas, ayudando así a disminuir el tiempo de llegada a un cualquier destino, disminuir la cantidad de emisiones contaminantes producida por la congestión vehicular y el costo de traslado.

Además, los sistemas de programación para el descongestionamiento vehicular dan rutas alternativas las cuales se han probado extensamente dando buenos resultados como la disminución de daño a la salud, la contaminación ambiental que causan las flotas de autobuses y

generando beneficio en el coste de transporte (Gouge et al., 2013).

Carrilo-Gonzalez (2019) estima que con un sistema que establezca los tiempos de los semáforos y una selección de ruta óptima provocará un beneficio satisfactorio, no sólo reduciendo el tráfico vehicular sino también contribuyendo con la reducción de accidentes y la contaminación acústica.

Castán et al. (2014) suponen que desarrollando una metodología mediante agentes autónomos en la fase de un semáforo mejorará el desempeño de la movilidad vehicular y la capacidad de emitir una luz roja rápida y precisa evitará que exista congestionamiento entre las vías de intersección.

Cardona et al. (2020) enfatiza que en cuanto al congestionamiento vehicular es importante entender que la solución más práctica y más efectiva es mediante la caminata, ya que mediante un estudio se estimó que, si nosotros caminamos o utilizamos bicicletas en lugar del transporte público, llegaremos más rápido a nuestro destino.

Sandoval et al (2019) mencionan que se perfila en México que el uso de vehículos eléctricos (VE), resolvería el problema que se vive en el sector transporte, esto puesto que existe un exceso de emisiones de carbono. Estos VE serían de gran utilidad ya que sus fuentes son limpias de energía (natural), por lo resultaría conveniente explotar dichas fuentes naturales para así implementar esta tecnología y reducir el problema de la emisión de carbono como contaminante.

Drumond et al. (2017) hacen alusión que el incremento vehicular crecerá constantemente, por ello es necesario contribuir con la capacitación de los conductores, con la finalidad no solo de evitar

accidentes de tránsito, sino también educar de manera global de cómo conducir, el uso adecuado del claxon y el respeto a las leyes de tránsito. Con ello bastará para asegurar una disminución en este problema que se vive a diario.

Hernandez et al. (2014) estiman que mediante el modelo de redes Petri (Petri Nets) se busca analizar el tránsito vehicular en una intersección, con la finalidad de controlar el tiempo y la cantidad de vehículos que transitan, este cálculo ayudará establecer un posible diseño de nuevas vías o implementar nuevas reglas que ayuden a mejorar la transitabilidad.

Conclusiones

Debido a las altas emisiones de CO₂ producidas por los vehículos una gran cantidad de seres humanos son propensos a desarrollar graves enfermedades como una alta presión cardiaca, estrés y cáncer.

Es importante entender que el exceso de contaminación sonora afecta no solo a la salud de la población, sino que también se vuelve en un agente contaminante provocando la destrucción más rápida de la capa de ozono.

La cantidad de vehículos por persona en cada país se acrecienta rápidamente. De todos los vehículos, los que causan mayor impacto al medio son aquellos que hacen uso de combustibles como la gasolina, petróleo, etc. Entonces, es importante resaltar la importancia de las nuevas tecnologías para transporte, de las cuales se pueden mencionar los vehículos híbridos, eléctricos, entre otros.

Se ha observado que durante estos últimos diez años distintos investigadores han desarrollado alternativas de solución con la finalidad de reducir el tránsito vehicular y la emisión de agentes contaminantes provocados por los vehículos.

Referencias

- ABC de América. (6 de enero de 2018). *ABC Plataforma Informativa de Iberoamérica*. Obtenido de <http://abcdeamerica.com/sobre-ruedas-estos-son-los-paises-con-mas-autos-per-capita-de-america/>
- Alvarez, V., Aldegunde, J., Quiñones, E., Saba, M., & Herrera, C. (2019). Estimation of the Vehicle Emission Factor in Different Areas of Cartagena de Indias. *Revista de Ciencias*, 23(2), 53-73. doi:10.25100/rc.v23i2.8949
- Asprilla, Y., Garcia, F., & Gonzales, M. (2017). Señalización y seguridad vial en buses de tránsito rápido: el transmilenio en Bogotá. *Infraestructura Vial*, 19(33), 15-25. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052017000100015&lang=es
- Brenlla, M., & Fernández-Da, R. (2020). Impulsividad y autoeficacia en conductores de automóviles de Buenos Aires. *Academo (Asunción)*, 7(2), 148-156. doi:10.30545/academo.2020.jul-dic.5
- Burgueño, E. (10 de noviembre de 2020a). *Las ciudades con el peor tráfico vehicular en América Latina en 2019, basado en el número promedio de horas perdidas por año*. Obtenido de Statista: <https://es.statista.com/estadisticas/1088889/ciudades-mas-embotellamientos-america-latina/>
- Burgueño, E. (8 de setiembre de 2020b). *Traffic increase rate during rush hours in selected cities in Latin America in 2019*. Obtenido de Statista: <https://www.statista.com/statistics/889551/south-america-traffic-rush-hour/>
- Calla, L., & Luján, M. (2018). Inventario de emisiones de fuentes móviles con una distribución espacial y temporal para el área metropolitana de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova*, 8(3), 322-353. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892018000100005&lang=es
- Calquin, F., Ponce-Donoso, M., Vallejos-Barra, O., & Plaza, E. (2019). Influence of urban trees on noise levels in a central Chilean city. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(1), 41-53. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652019000100004&lang=es
- Cardona, S., Escobar, D., & Moncada, C. (2020). Análisis de ordenamiento de la movilidad en el bulevar gastronómico de Milán, Manizales (Colombia). *Información tecnológica*, 31(1), 301-310. doi:10.4067/S0718-07642020000100301
- Carrilo-Gonzalez, J. (2019). Driving solutions for autonomous vehicles, and adaptive proposals to set the traffic lights times and to choose routes. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(2). doi:10.22201/fi.25940732e.2019.20n2.020
- Castán, J., Ibarra, S., Laria, J., Guzmán, J., & Castán, E. (2014). Control de tráfico basado en agentes inteligentes. *Polibits*(50), 61-68. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-90442014000200010&lang=es
- Chaux-Alvarez, L., & Acevedo-Buitrago, B. (2019). Evaluación de ruido ambiental en alrededores a centros médicos de la localidad Barrios Unidos, Bogotá. *Revista científica*(35), 234-246. doi:10.14483/23448350.13983
- Cogliati, M., & Gonzales, D. (2016). Study of vehicle emissions between Neuquén and Centenario, Argentina. *Atmósfera*, 29(3), 267-277. doi:10.20937/ATM.2016.29.03.06

- Collins, T., Grineski, S., & Chakraborty, J. (2015). Household-level disparities in cancer risks from vehicular air pollution in Miami. *Environmental Research Letters*, 10(9). doi:10.1088/1748-9326/10/9/095008
- Dirks, K., Sharma, P., Salmond, J., & Costello, S. (2012). Personal exposure to air pollution for various modes of transport in Auckland, New Zealand. *Open Atmospheric Science Journal*, 6(1), 84-92. doi:10.2174/1874282301206010084
- Drumond, T., Zambroni-de-Souza, P., & Schwartz, Y. (2017). Os Usos de Simuladores Durante a Formação Profissional para a Condução de Transportes Rodoviários. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 37(1), 192-207. doi:10.1590/1982-3703003392015
- Godoy-Perez, K., Benítez-Tupiza, K., Valle-Jaramillo, J., & Inga-Ortega, E. (2020). Dimensionamiento y Enrutamiento de redes de sensores inalámbricos para monitoreo de tráfico vehicular. *Iteckne*, 17(1), 7-18. doi:10.15332/iteckne.v17i1.2425
- Gómez, L., Santos, J., Albuquerque, d. A., Reis, N. J., Andreão, W., & de Fátima Andrade, M. (2020). Air quality status and trends over large cities in South America. *Environmental Science and Policy*, 114, 422-435. doi:10.1016/j.envsci.2020.09.009
- Gouge, B., Dowlatabadi, H., & Ries, F. (2013). Minimizing the health and climate impacts of emissions from heavy-duty public transportation bus fleets through operational optimization. *Environmental Science and Technology*, 47(8), 3734-3742. doi:10.1021/es304079p
- Hernandez, A., Vasquez, R., & Peña, J. (2014). Propuesta de modelo de intersecciones de tránsito utilizando redes de Petri difusas adaptativas. *Ingeniería y competitividad*, 16(1), 185-193.
- IQAir AirVisual. (2018). *2018 World Air Quality Report*. IQAir AirVisual. Obtenido de <https://www2.iqair.com/mx/node/8611>
- Madrazo, J., Clappier, A., Cuesta, O., Belalcázar, L., González, Y., Bolufé, J., . . . Golay, F. (2019). Evidence of traffic-generated air pollution in Havana. *Atmósfera*, 32(1), 15-24. doi:10.20937/atm.2019.32.01.02
- Magaña, V., Scherz, W., Seepold, R., Madrid, N., Pañeda, X., & Garcia, R. (2020). The effects of the driver's mental state and passenger compartment conditions on driving performance and driving stress. *Sensors (Switzerland)*, 20(18), 1-31. doi:10.3390/s20185274
- McCarthy, N. (11 de marzo de 2020). *Congestion Costs U.S. Cities Billions Every Year*. Obtenido de Statista: <https://www.statista.com/chart/21085/annual-economic-losses-from-traffic-congestion/>
- Mehmood, T., Zhu, T., Ahmad, Y., & Li, X. (2020). Ambient PM2.5 and PM10 bound PAHs in Islamabad, Pakistan: Concentration, source and health risk assessment. *Chemosphere*, 257. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127187
- Moura, M., Sampaio, M., Policarpo, N., Aguiar, C., Dos Santos, R., & Avila, F. (2019). Avaliação de poluentes do ar em áreas de recreação urbana da cidade de Fortaleza. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11. doi:10.1590/2175-3369.011.e20180187
- Olague-Caballero, C., Wenglas-Lara, G., & Duarte-Rodríguez, J. (2016). Contaminación por ruido en carreteras de acceso a la ciudad de Chihuahua. *CienciaUAT*, 11(1), 101-115.
- Pasquali. (25 de junio de 2020). *La calidad del aire en las ciudades latinoamericanas mejora gracias al confinamiento*. Obtenido de Statista: <https://es.statista.com/grafico/22104/cae-la-contaminacion-en-las-urbes-latinoamericanas/>

- Paz Córdova, A. (1 de Abril de 2019). *Perú, Chile, México, Brasil y Colombia entre los 50 países con peor calidad del aire*. Obtenido de Mongabay: <https://es.mongabay.com/2019/04/calidad-del-aire-peru-chile-mexico-brasil-colombia/>
- Pedraza, L., Hernández, C., & López, D. (2012). Control de tráfico vehicular usando ANFIS. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 20(1), 79-88. doi:10.4067/S0718-33052012000100008
- Pedraza-Martínez, L., Hernández-Suárez, C., & López-Sarmiento, D. (2013). Sistema de comunicación TCP/IP para el control de una intersección de tráfico vehicular. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(4), 583-594. doi:10.1016/S1405-7743(13)72268-6
- Pérez, F., Bautista, A., Salazar, M., & Macias, A. (2014). Analysis of vehicular traffic flow using a macroscopic model. *DYNA*, 81(184), 36-40. doi:10.15446/dyna.v81n184.38650
- Pérez, G., & Lucas, L. (2020). Comparison of mathematical methods and measurements of traffic noise indices in pedestrian routes. *Ambiente Construido*, 20(1), 351-364. doi:10.1590/s1678-86212020000100379
- Pulido, L., Tchernykh, A., Nesmachnow, S., Cristóbal, A., Avetisyan, A., Barrera, H., & Hernandez, C. (2019). Multi-objective Optimization of Vehicle Routing with Environmental Penalty. *Communications in Computer and Information Science*, 1151, 147-162. doi:10.1007/978-3-030-38043-4_13
- Ramirez, J., Pachón, J., Casas, O., & Gonzáles, S. (2019). A New Database Of On-Road Vehicle Emission Factors For Colombia: A Case Study Of Bogota. *CT&F - Ciencia, Tecnología y Futuro*, 9(1), 73-82. doi:10.29047/01225383.154
- Ramos, T., Da Silva, A., De Souza, L., Dekoninck, L., Botteldooren, D., & Teixeira, I. (2020). Cyclists' noise exposure in a Brazilian medium-sized city [Exposição de ciclistas ao ruído em uma cidade média Brasileira]. *Ciencia e Saude Coletiva*, 25(7), 2891-2902. doi:10.1590/1413-81232020257.157522018
- Rodrigues, A., Borges, R., Machado, P., Mouette, D., & Dutra Ribeiro, F. (2020). PM emissions from heavy-duty trucks and their impacts on human health. *Atmospheric Environment*, 241. doi:10.1016/j.atmosenv.2020.117814
- Rojas, E., Romero, V., & Pancha, J. (2020). Análisis del comportamiento de las emisiones de CO₂, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*(23), 23-29.
- Sam, R. (2019). Assessment and characterization of air pollution due to vehicular emission considering the aqi and los of various roadways in kolkata. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 93, 199-208. doi:10.1007/978-981-15-6887-9_23
- Sandoval, E., Franco, R., & Fernandez, J. (2019). Vehículos eléctricos: ¿Una solución para reducir los gases de efecto invernadero proveniente del sector transporte en la Zona Metropolitana del Valle de México? *Acta universitaria*, 29. doi:10.15174/au.2019.1964
- Sen, B., Kucukvar, M., Onat, N., & Tatari, O. (2020). Life cycle sustainability assessment of autonomous heavy-duty trucks. *Journal of Industrial Ecology*, 24(1), 149-164. doi:10.1111/jiec.12964
- Serafín, S. (2019). Externalidades de las emisiones del transporte público en Tepic, México: cambio climático y sustentabilidad. *Tecnura*, 23(62), 34 - 44. doi:10.14483/22487638.15455

- Silva, I., Crane, M., & Savini, T. (2020). High roadkill rates in the Dong Phrayayen-Khao Yai World Heritage Site: conservation implications of a rising threat to wildlife. *Animal Conservation*, 23(4), 466-478. doi:10.1111/acv.12560
- Tong, F., & Azevedo, I. (2020). What are the best combinations of fuel-vehicle technologies to mitigate climate change and air pollution effects across the United States? *Environmental Research Letters*, 15(7). doi:10.1088/1748-9326/ab8a85
- Tucki, K., Orynycz, O., & Mitoraj-Wojtanek, M. (2020). Perspectives for mitigation of CO2 emission due to development of electromobility in several countries. *Energies*, 13(6). doi:10.3390/en13164127
- Valencia, A., Montt, C., Oddershede, A., & Quezada, L. (2020). A micro simulation approach for a sustainable reduction traffic jam. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1243, 206-219. doi:10.1007/978-3-030-53651-0_18
- Yang, Z., Peng, J., Wu, L., Ma, C., Zou, C., Wei, N., . . . Mao, H. (2020). Speed-guided intelligent transportation system helps achieve low-carbon and green traffic: Evidence from real-world measurements. *Journal of Cleaner Production*, 268. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122230
- Zafra-Mejía, C., Gutierréz-Malaxechebarria, Á., & Hernandez-Peña, Y. (2019). Correlation between vehicular traffic and heavy metal concentrations in road sediments of Bogotá, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina*, 67(2), 193-199. doi:10.15446/revfacmed.v67n2.68269
- Zamorano, B., Velázquez, Y., Peña, F., Ruiz, L., Monreal, O., Parra, V., & Vargas, J. (2019). Exposición al ruido por tráfico vehicular y su impacto sobre la calidad del sueño y el rendimiento en habitantes de zonas urbanas. *Estudios demográficos y urbanos*, 34(3), 601-629. doi:10.24201/edu.v34i3.1743
- Zamorano-Gonzales, B., Peña-Cardenas, F., Velasquez-Narváez, Y., Vargas-Martínez, J., & Parra-Sierra, V. (2019). Contaminación por ruido y el tráfico vehicular en la frontera de México. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 7(19), 27-35. doi:10.22201/enesl.20078064e.2018.19.67506
- Zgurovsky, M., Sineglazov, V., & Chumachenko, E. (2020). Intelligent Automated Road Management Systems. *Studies in Computational Intelligence*, 904, 461- 484. doi:10.1007/978-3-030-48453-8_7