

Estrategia de eficiencia energética en vehículos de lujo de larga distancia mediante la conducción eficiente, en la empresa Cooperativa de motoristas del Huila y Caquetá Limitada, Coomotor.

Silvana Tovar Correa

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Diplomado en Eficiencia Energética
2020

Estrategia de eficiencia energética en vehículos de lujo de larga distancia mediante la conducción eficiente, en la empresa Cooperativa de motoristas del Huila y Caquetá Limitada, Coomotor.

Silvana Tovar Correa

Estudio de caso relacionado con el diagnóstico y propuesta energética de reconversión energética de la empresa Coomotor.

Director:

Angela María Jaramillo Londoño

Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Ambiental
Diplomado en Eficiencia Energética

2020

Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 6 |
| Abstract..... | 7 |
| Introducción | 8 |
| Diagnóstico..... | 12 |
| Propuestas y posibilidades de reconversión energética | 16 |
| 1. Preoperacional | 16 |
| 2. Operacional | 17 |
| 2.1. Arranque | 17 |
| 2.2. Marcha | 17 |
| 3. Técnicas de conducción eficiente..... | 18 |
| 3.1. Aceleración y velocidad..... | 18 |
| 3.2. Anticipación y prevención..... | 19 |
| 3.3. Inercia | 19 |
| 3.4. Detención..... | 19 |
| 3.5. Subidas o bajadas | 19 |
| 3.6. Curvas..... | 19 |
| 4. Post operacional..... | 20 |
| Conclusiones | 22 |
| Recomendaciones..... | 23 |
| Referencias..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1 Generalidades de cada vehículo de la flota de lujo de la empresa Coomotor</i> | <i>14</i> |
| <i>Tabla 2 Caracterización de la unidad funcional en Ton/Km año</i> | <i>15</i> |
| <i>Tabla 3 Lista de chequeo preoperacional</i> | <i>16</i> |
| <i>Tabla 4 Ahorro de combustible mediante la conducción económica</i> | <i>20</i> |
| <i>Tabla 5 Marco legal y posibles beneficios tributarios</i> | <i>20</i> |

| | |
|---|----|
| <i>Figura 1 Emisiones antropogénicas totales de gases de efecto invernadero (GEI) de los sectores económicos.</i> | 10 |
| <i>Figura 2 Etapas de operación</i> | 12 |
| <i>Figura 3 Etapas del proyecto</i> | 13 |

Resumen

El conocimiento de cuanto se está consumiendo en términos energéticos por medio de algún registro, ayuda a tomar decisiones sobre la empresa e incentiva a dar viabilidad a nuevos proyectos en relación con el ahorro y al costo-beneficio. Para ello, por medio de información como facturas, promedio de distancia recorrida y costos, se conoció el consumo energético que conlleva el realizar la actividad que corresponde al desplazamiento de los vehículos de la flota de lujo de la empresa de transporte intermunicipal Cooperativa de motoristas del Huila y Caquetá Ltda. - Coomotor. Seguidamente, con las características de la flota de lujo y con base en el resultado obtenido del acumulado de energía, fue posible establecer pautas y las técnicas apropiadas para plantear una propuesta de conducción eficiente; para lo cual, cada conductor debe conocer y poner en práctica. Se estimó un ahorro del consumo del carburante en promedio de (5-20) % con la puesta en marcha de la propuesta, ejecutada de forma correcta. Se señalaron además otras ventajas a parte de la eficiencia energética como lo fueron la reducción en la contaminación ambiental, un confort de conducción y la disminución de los riesgos en carretera, debido a que el conductor toma una conducta de prevención y anticipación a la hora de manejar.

Palabras clave: Conducción eficiente, transporte intermunicipal, eficiencia energética, ahorro.

Abstract

The knowledge of what is being consumed in energy terms through some registration, helps to make decisions about the company and encourages to give viability to new projects in relation to savings and cost-benefit. To this end, through information such as invoices, average distance travelled and costs, the energy consumption involved in carrying out the activity corresponding to the movement of vehicles from the luxury fleet of the intermunicipal transport company Cooperativa de motoristas del Huila and Caquetá Ltda. - Coomotor was known. Then, with the characteristics of the luxury fleet and based on the result obtained from the accumulated energy, it was possible to establish appropriate guidelines and techniques to propose an efficient driving proposal; for which, each driver must know and implement. Fuel consumption savings were estimated on average (5-20) % with the implementation of the proposal, implemented correctly. Other advantages were also noted in addition to energy efficiency such as reduced environmental pollution, driving comfort and reduced road risks, as the driver takes a prevention and anticipation behavior when driving.

Keywords: Efficient driving, inter-municipal transport, energy efficiency, savings.

Introducción

El transporte ha tenido a lo largo de la evolución mundial una influencia en el desarrollo regional a diferentes escalas. (Arroyo Abad, 2008; Pachón Pedraza, 2018) Este proceso se dio gracias a sucesos como la revolución industrial, el crecimiento mercantil y la modernización económica, no obstante, ocurrió de manera gradual pues, en un inicio, tanto el desplazamiento como el transporte de carga se realizaba con ayuda de animales que permitían este tipo de actividad. Con el tiempo y los avances tecnológicos, los medios de transporte se han diversificado y así, las actividades del sector terciario se subdividieron dependiendo el medio en el que se transitara: tierra, agua o aire. Con ello surgen algunos ejemplares históricos como los trenes, barcos, autobuses, carros motos, etc. (Barreiro Gil, 2009; Bettera & Montero, 2019) Hoy en día, gracias a los mismos procesos, en el mercado se encuentran nuevos medios de transporte con tecnología de punta como lo son los barcos de carga, aviones con pilotos automáticos, vehículos híbridos y eléctricos, etc. (Alegre Buj, 2017)

En cuanto al transporte terrestre por carretera, ha sido un medio muy solicitado y a través de los años, dio paso a un servicio digno, de fácil acceso y en algunos lugares de forma gratuita. De esta forma, la población y la sociedad en general pudo satisfacer ciertas necesidades básicas al poder viajar, y se creó la modalidad de viaje por carretera o más comúnmente conocida como transporte intermunicipal que consiste en el traslado de personas entre un origen y el destino, pero siempre y cuando dichos puntos correspondan a dos pueblos o regiones diferentes, no pertenezcan a la misma área especial ni a la misma área metropolitana. (Decreto 171, 2001; Arroyo Abad, 2008; Murcia Cortés, 2010) Actualmente Colombia cuenta con 334 empresas de transporte interurbano y brinda el servicio a aproximadamente 550 millones de pasajeros, es decir 14 veces más que las aerolíneas, y genera alrededor de 150.000 empleos a nivel nacional, de los cuales, cerca de 100.000 son conductores. (Hernández González, 2014; Tabón A & Galvis, 2009)

A pesar de que este tipo de transporte tiene como fin un aspecto positivo; en términos de calentamiento global, este sector, enmarcan una problemática ambiental global puesto a que está ligado a un consumo de combustible fósiles el cual es un recurso no renovable y lleva a la constante contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran de forma natural en el ambiente y también de forma antropogénica debido a la combustión o de la quema de hidrocarburo. (Garrido Palacios, 1999; Zubelzu Mínguez & López Díaz, 2014) Las emisiones de GEI normalmente están compuestas por gases como: dióxido de carbono (CO_2), vapor de agua (H_2O), óxido nitroso (N_2O), ozono (O_3) y el metano (CH_4). De igual forma, durante el funcionamiento del motor, la emisión de otros gases como monóxido de carbono (CO), hidrógeno y partículas como PM 10 o PM 2.5 generadas por combustión incompleta más llamados combustión incompleta, gases quemados o GEI indirectos, crea otras problemáticas de contaminación

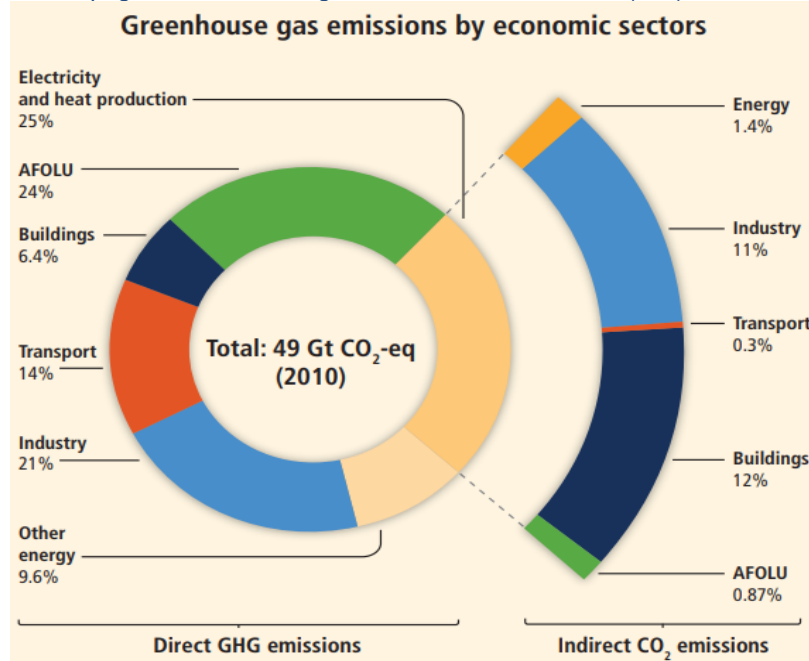
atmosférica; todos estos compuestos al ser generados ejercen presión ante el efecto invernadero y, por consiguiente, al cambio climático. (Benavides Ballesteros & León Aristizabal, 2007; Garrido Palacios, 1999; Onursal & Gautam, 1997)

Para la pronta mitigación de los gases de efecto invernadero y las distintas problemáticas ambientales que se desarrollaban con rapidez, los países con mayor industrialización se comprometieron a reducir dicha concentración de GEI mediante reuniones intergubernamentales; entre ellas resaltan: la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Estocolmo-1972 seguida de la conferencia de Ginebra-1979, se crea el IPCC-1988, ocurre la conferencia de Río-1992, y se firma el protocolo de Kioto-1997; después de ello se siguieron celebrando otras más como la de Johannesburgo, Copenhague, Cancún, Durban, hasta el acuerdo de París en el 2015, además de ello, se planea otras en el futuro.

Como resultado se han ratificado tratados internacionales entre los cuales se destacan: Convenio sobre diversidad biológica, convención sobre comercio internacional de especies amenazadas de flora y fauna silvestre, convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y el Protocolo de Montreal, convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático y el Protocolo de Kyoto, convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Todas estas intervenciones por las diferentes partes son con base a la reducción de emisiones necesarias para así poder frenar y combatir la crisis ambiental y climática que tienen un sin número de consecuencias y entre estas, el deterioro de la capa de ozono. (Banfi del Río, 2019; Ludwiszewski & Haake, 2008; Siles, 2015)

El último reporte del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) informa que el sector transporte aporta el 14% del total de emisiones de gases de efecto invernadero de los distintos sectores económicos (figura 1). Reafirmando, que el transporte es una problemática actual y de gran escala que necesita más incentivos para lograr una disminución total de dicha contaminación. (Gutiérrez Pérez, 2010; Pachauri & Meyer, 2015)

Figura 1 Emisiones antropogénicas totales de gases de efecto invernadero (GEI) de los sectores económicos.



Fuente: IPCC, 2014 - Climate Change 2014.

Como apoyo para disminuir el porcentaje significativo de GEI, según el sector económico de transporte, se han creado nuevas alternativas a favor de la mitigación para ayudar a disminuir el impacto total de este proceso, por ejemplo, la continua renovación de la tecnología que compone a un vehículo. Sin embargo, el renovar vehículos no es suficiente, sí no va junto con la forma de conducción; así pues, se desarrollan y surgen una serie de nuevas técnicas que se sincronizan efectivamente con estas nuevas tecnologías de los vehículos. A través de la Unión Europea, donde tuvo origen esta novedad, se difundió a muchos países más, esperando que al poner en práctica la de conducción eficiente también llamada “eco driving”, conducción sostenible, conducción con ahorro de combustible, etc, permitiera un ahorro significativo del consumo de combustible.

Se trata de un conjunto de metodologías, que se diferencian a la conducción convencional ya que eliminan elementos como paradas innecesarias, el ralenti en exceso (rpm - número de revoluciones por minuto que el motor de un vehículo debe tener cuando este no está acelerado) el cual se estima entre las 500 a 600 rpm y se forma una conducta anticipada; además, se forma una actitud poco o nada agresiva. Esta iniciativa, permite además de disminuir el consumo de combustible, reducir las emisiones al medio ambiente y mejora la seguridad en la conducción disminuyendo así la tasa de accidentabilidad. (Bai & Mao, 2009; Franco González, Gallardo Izquierdo, Commans, & Carlos, 2021; Larrázabal Roche, 2004; Pañeda et al., 2016; Villeta et al., 2012) Por tal motivo, la conducción eficiente fue objeto de estudio para así comprobar su efectividad, los beneficios y explorar las diferentes técnicas que enmarcan esta nueva forma de conducción. En este sentido, las diferentes investigaciones llegaron a la conclusión de que la implementación de estas técnicas,

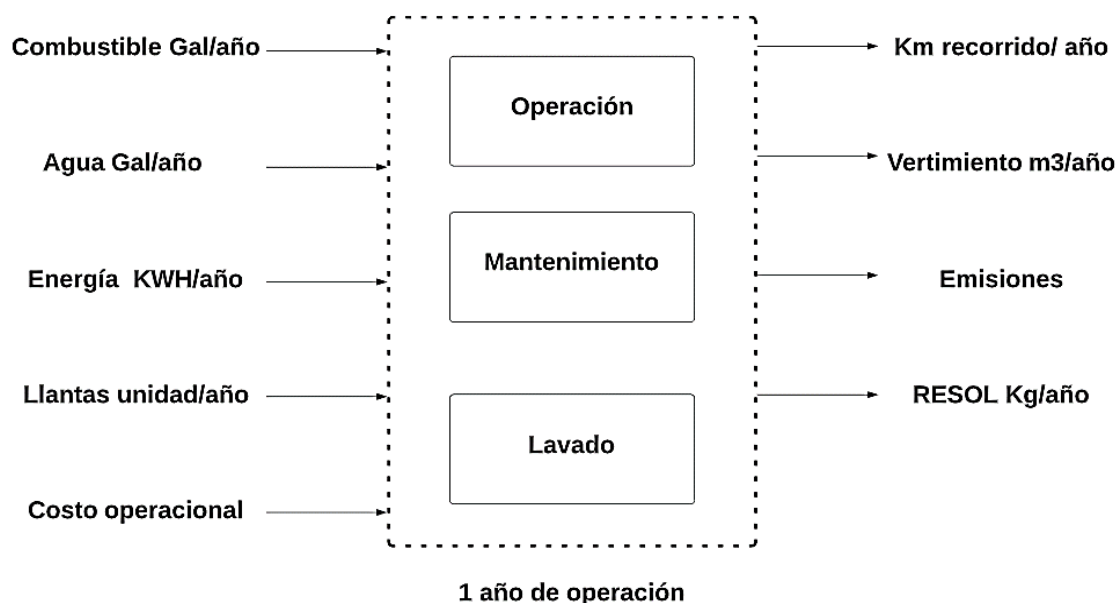
tienen una respuesta inmediata para el ahorro de combustible, emisiones y por ende de costos. Paralelamente, debido a los excelentes resultados, otros interesados realizaron otros análisis para la implementación del sistema de conducción eficiente en sus empresas; en Colombia la conducción eficiente está presente en empresas como Flecha Roja S.A, ETIB Y SITP e internacionales como empresa de recolección de basura, EMT. Etc, que han logrado así, resultados satisfactorios. (Huang et al., 2018; Sivak & Schoettle, 2012; Yuan & Frey, 2020; Zavalco, 2018)

Por esta razón con el objetivo de obtener un ahorro en el consumo total de combustible, se plantea las técnicas de conducción eficiente y se define todos los pasos que sean necesarios para lograr implementar esta ventaja a la empresa Coomotor; así mismo, se debe tener en cuenta que esto se logra mediante una intervención al comportamiento que pueden adoptar los conductores para así observar el resultado de un impacto positivo en la economía del combustible.

Diagnóstico.

La compañía en la cual se basa este análisis es La Cooperativa de Motoristas del Huila y Caquetá Limitada – Coomotor, es una de estas empresas de transporte intermunicipal, que además de tener como propósito el transporte nacional terrestre de pasajeros, tienen un sistema de encomiendas. En la actualidad cuenta con una amplia gama de 800 automotores propios de diferentes referencia entre los cuáles se encuentran: buses, microbuses, busetas, mixtos, taxis, camionetas, camiones y camperos, con los cuales cubre las rutas y horarios en doce departamentos del centro y suroccidente de Colombia. Para dar cumplimiento al transporte por carretera de pasajeros y que se pueda desarrollar de la mejor manera, se requiere de otros procesos complementarios como se muestra en la fig.2.

Figura 2 Etapas de operación



Fuente: Autoría propia.

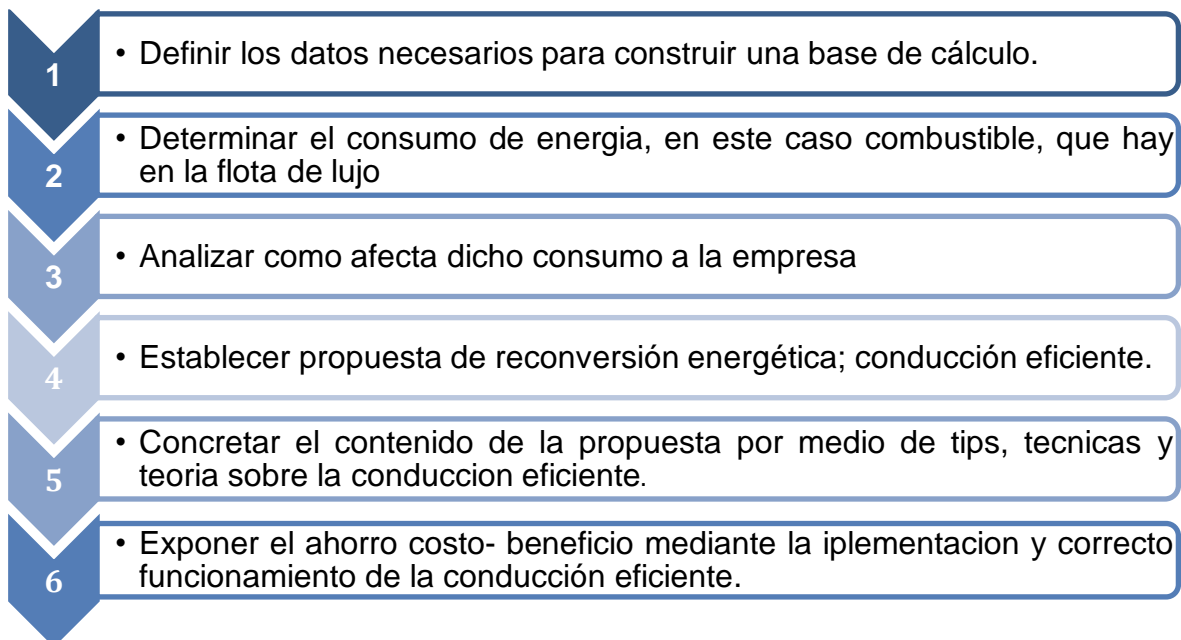
Tener en cuenta las etapas de operación que muestra la figura anterior, permite observar las entradas y salidas que componen la actividad económica de la empresa y se ve reflejado en el consumo en espacio, tiempo, energía y recursos económicos. Así mismo, se deduce las posibles consecuencias, como posible resultado del desarrollo de un viaje como lo son: accidentes, contaminación atmosférica y acústica y congestión del transporte masivo.

En el sentido de prever los posibles impactos negativos, Coomotor, busca estar en vanguardia tecnológica y en pro de acogerse a la normativa. En función a esto, pretende ser una empresa a destacar en su gremio; por esta razón, dentro de las acciones que implementa la empresa, está el hacer uso de combustible Diesel con un porcentaje del 10% de etanol, el cual mejora la calidad tanto del motor como de

la combustión; de igual forma, entre los procesos operativos y acogidos a la normativa vigente (Resolución 0315 del 2013 y la Ley 769 de 2002), tiene un programa de revisión y mantenimiento de vehículos con el objetivo de evitar o mitigar las consecuencias de los fallos en los vehículos, diseñar estrategias de mantenimiento de acuerdo a las necesidades de la organización y de sus asociados; actualizan posibles rutas asociadas al trayecto a recorrer, los conductores tienen certificado de conducción y hacen un seguimiento a groso modo, sobre la forma de conducción de sus conductores y tienen certificados de conducción que se les exige además del respectiva licencia de conducción; sin embargo, no cuenta con un programa ni certificación en conducción eficiente. Es por ello por lo que, en función de continuar creciendo como compañía, es apropiado que logre un reconocimiento por medio de la implementar la propuesta de conducción eficiente

Con fin de poder desarrollar la propuesta, primeramente, se determina cual es proceso que precede para tener como resultado un ahorro. Por medio de la figura 3 se especifica las etapas del proyecto que se considera para el correcto desarrollo de la propuesta.

Figura 3 Etapas del proyecto



Fuente: Autoría propia.

Con el objetivo de propuesta planteado, se definen cuál es el aporte en términos de consumo energético que conlleva el uso de fuentes de energía no renovables. De este modo, se considera toda aquella información que permita conocer cuál es el consumo total en un año de operación para toda la flota de lujo de la empresa, así pues, se considera datos con los cuales se calcula el acumulado de energía como lo son:

- Cantidad de vehículos

- Promedio de vida
- Distancia recorrida
- Volumen del tanque de combustible
- Tipo de combustible
- Rendimiento de combustible

Con esta información, es posible establecer los lineamientos de la propuesta de conducción eficiente y poder tener un registro de cuánto será el ahorro en términos energético y monetario. Seguidamente, se procede a realizar un cálculo teniendo como base los kilómetros recorridos, puesto que, cualquier cuantificación posterior que se quisiera realizar, se obtenga como resultado la cantidad de consumo de combustible con base a la distancia recorrida. Así pues, se presenta una propuesta de mejora energética en cuanto al uso del combustible por medio de la conducción eficiente. De igual forma, la empresa podrá contemplar cual es el impacto ambiental que tiene el uso de fuentes de energía no renovables y se espera que con estos nuevos conocimientos e información, la empresa pueda integrar nuevas políticas y alternativas tecnológicas eco amigables como el transporte eficiente y sostenible.

Coomotor divide sus flotas según las distancias y tipos de vehículo; por lo cual se pretende que se incorpore la propuesta de conducción eficiente a la flota de lujo, la cual está compuesta por 87 vehículos en su mayoría €4 - €5 los cuales se dividen en 5 categorías según el tipo de vehículo y el servicio que se le brindará al pasajero. En la tabla número 1 se muestra la descripción de cada tipo de vehículo.

Tabla 1 Generalidades de cada vehículo de la flota de lujo de la empresa Coomotor

| Nombre | Descripción |
|---------|---|
| Navette | Aire acondicionado, 42 pasajeros, 2 conductores (tramos superiores a 8 horas) y auxiliar de servicio a bordo, GPS, 3 TV LCD y conectores de corriente 110w. |
| G7 | Ómnibus de larga distancia equipados con: 42 pasajeros, pantallas individuales, WIFI, GPS, conectores de corriente 110w, auxiliar de servicio a bordo y 2 conductores (tramos superiores a 8 horas). |
| G7 New | Ómnibus de larga distancia equipados con: 46 pasajeros, pantallas individuales, WIFI, rastreo satelital, auxiliar de servicio a bordo, conectores de corriente 110w, audífonos, climatizado, cojines, mantas, refrigerio, servicio directo 2 conductores (tramos superiores a 8 horas). |
| XL | Aire acondicionado, 58 pasajeros, auxiliar de servicio a bordo, 2 conductores (tramos superiores a 8 horas), GPS, monitores LCD, conectores de corriente 110w. |
| XL Plus | Aire acondicionado, 46 pasajeros, pantallas individuales, WIFI, rastreo satelital, auxiliar de servicio a bordo, audífonos, climatizado, conectores de corriente 110w. |

Fuente: Autoría propia.

Las diferentes líneas de vehículos que componen la flota de lujo de Coomotor se rigen por medio de la Ley 105 DE 1993, en su artículo número seis (6) el cual dicta que “la vida útil máxima de los vehículos terrestres de servicio público colectivo de pasajeros y/o mixto será de veinte (20) años”, (Ley 105 1993) con ello acogándose a la norma y para mantenerse en vanguardia tecnológica, la flota de lujo es

renovada cada 14 años y cada vehículo alcanza a realizar un recorrido promedio en la vida útil de 3.360.000 km o 240.000 km al año por cada vehículo.

$$Km \text{ recorridos} = \text{vida útil} * \text{promedio de km recorrido} * N \text{ veh}$$

$$ACPM = Vol \text{ Combustible} * N \text{ vehículos} * \text{distancia recorrida}$$

$$Emisiones = \text{Factor de emisión del veh} * gal \text{ acpm}$$

Con la relación de las etapas de funcionamiento, la distancia recorrida al año, el total de vehículos de la flota de lujo (87) y los rendimientos se calcularon las siguientes variables:

Tabla 2 Caracterización de la unidad funcional en Ton/Km año

| Insumo | Consumo | Rendimiento | Unidad funcional Ton/km año recorrido |
|--------------|-----------------------|------------------|---------------------------------------|
| Km recorrido | 20'880.000 km/año | - | - |
| ACPM | 2'610.000.000 Gal/año | 11.25 Km/gal | 8'397.937,707 |
| Emisiones | 19'883.158.412 KgCO2 | 7.6181 KgCO2/gal | 19'883.158,41 |

Fuente: Autoría propia.

Propuestas y posibilidades de reconversión energética

Para contrarrestar el alto costo debido al uso del combustible y disminuir el impacto ambientales como el agotamiento de los recursos no naturales, alteración del efecto invernadero, lluvia acida, emisiones y partículas por combustión, etc; es por ello, por lo que se crean técnicas para el beneficio ecológico, económico y operativo. La conducción eficiente ofrece estas ventajas ya que se puede implementar fácilmente por medio de charlas, reuniones o por medio de un asistente automatizado; es adaptable a muchas situaciones y/o condiciones que se presentan en la vía y con una ejecución correcta, se puede ahorrar entre un 5% y un 25% de energía según las condiciones de funcionamiento y del vehículo. Para ello son necesarios cuatro (4) componentes: Revisión del vehículo (preoperacional - antes), las claves básicas asociadas a la forma de conducción (operacional -durante), las técnicas para lograr una conducción eficiente y por último la revisión del vehículo cuando este haya finalizado el recorrido o a punto de llegada (post operacional -después, bitácora). (Franco González et al., 2021; IDAE, 2005; Pañeda et al., 2016; Solarin, 2020)

1. Preoperacional

Para iniciar un viaje en óptimas condiciones, es necesario realizar una revisión antes de ponerse en marcha. Dicha revisión la realiza el conductor designado al vehículo así como un ente superior. Se recomienda tener una lista de chequeo con mínimo de aspectos a inspeccionar visualmente como:

Tabla 3 Lista de chequeo preoperacional

| Elementos | Cumple | | Observaciones |
|--|--------|----|---------------|
| | Si | No | |
| Llantas y neumáticos (por ejemplo, tuercas, profundidad del dibujo y presión). | | | |
| Bocina / pito | | | |
| Luces y reflectores | | | |
| Estructura, carrocería y sistemas de fluidos | | | |
| Ventanillas, retrovisores y plumillas | | | |
| Extintor | | | |
| La válvula de la bomba del sistema de basculamiento de la cabina se encuentra en la posición de basculamiento abajo. | | | |
| Frenos y frenos de mano | | | |
| Nivel del refrigerante. | | | |
| Que el material inflamable de la carga no entre en contacto con las partes calientes del vehículo. | | | |
| La ubicación de la carga, si procede, y fíjela de forma segura. | | | |

Fuente: Autoría propia.

Verificar, antes de comenzar un recorrido de larga distancia, ayudará a que se garantice que el vehículo es apto para circular y que en el trayecto que se recorra no se presenten percances. En dado caso que se encuentre alguna falla es necesario que la empresa cuente con un formato donde el conductor pueda reportar lo que se haya encontrado. Dependiendo de la magnitud del problema, el vehículo puede salir de circulación hasta que este sea reparado. (Argos, 2017)

2. Operacional

La fase operacional consiste en el manejo del vehículo cuando este se encuentra rodando; en este componente, se evidencia las bases y técnicas que se requieren para conducir de manera eficiente.

La base de la conducción eficiente parte de mejorar la forma en la que se conduce y tiene como pilar que el conductor adopte un comportamiento menos agresivo, anticipado y a ser preventivo. Con ello, se disminuirá la carga de estrés que repercute en el conductor. Para lograrlo, se necesitan unas pautas iniciales para poder encaminar en la conducción eficiente o eco - eficiente, que contenga los factores relacionados con la actitud y el estilo de conducción. El ahorro significativo, que se da por medio de la conducción eficiente, se logra siempre y cuando el nuevo estilo que se emplee se logre mantener con el tiempo. (Alvantara Vasconcellos, 2010)

2.1. Arranque

La tecnología de los vehículos €4 - €5 permite que el vehículo arranque sin la necesidad de acelerar; por este motivo, al momento de encender solo se necesita girar la llave de encendido y el vehículo es capaz de regular por sí mismo el motor y este se ajusta inmediatamente; si se llegase a acelerar lo que ocurre internamente es un desajuste a la regulación electrónica y como consecuencia disminuye el rendimiento de esta primera operación. (IDAE, 2006)

Una vez se inicia la marcha se debe poner en circulación el vehículo después de unos segundos; el tomarse un momento posibilita la correcta lubricación. Si este continúa de forma estacionaria puede implicar un recalentamiento del motor. Por otra parte, el vehículo debe arrancar con cuidado y de manera lenta después de la transferencia de una carga de más de 13 toneladas, realizarlo de otro modo, tendrá influencia negativa sobre el consumo en mayor parte en el arranque y en un momento de aceleración. (Scania, 2009)

2.2. Marcha

Cuando y como se realiza el cambio, es el siguiente aspecto; lo primero para esta clave de conducción, es el conocimiento del vehículo y para este aspecto específicamente, el conductor debe conocer el cuentarrevoluciones y el velocímetro, esto con el fin de que en cualquier cambio de marcha este se mantenga

en la “zona verde” que existe, en la cual a cada marcha y velocidad le corresponde una revolución por minuto (RPM). (Secretaría Distrital de Movilidad, 2018)

La primera relación de marcha se pone solo para que este inicie su inercia, pasado dos o tres segundos, lo cuales son semejantes a 6 metros recorridos, o cuando el cuentarrevoluciones este apuntando a unas 1.300 revoluciones por minuto, este podrá cambiar a la segunda relación o cambio del automotor. (Sacyr, 2010) Si en el recorrido se presenta una pendiente empinada cuesta arriba, el vehículo entrará en la 1ª marcha corta o larga, según el vehículo y las condiciones de la carretera.

Luego, debe acelerar de manera gradual y suave para cambiar rápidamente a la segunda marcha. Después de hacer un cambio ascendente, se recomienda que presione inmediatamente el pedal del acelerador y mueva el pedal a la posición requerida para mantener la velocidad deseada o acelerar y así sucesivamente con las otras marchas:

- 3ª marcha: a partir de unos 30 km/h
- 4ª marcha: a partir de unos 40 km/h
- 5ª marcha: a partir de unos 60 km/h

La quinta marcha se podrá poner en funcionamiento, siempre que el régimen del motor supere los 1.500 rpm, podrá desplazarse en 5ª marcha sin problemas. Para el tipo de vehículo presente en la flota de lujo se recomienda que este funcione en una sección donde no tenga cantidad de obstáculos y este se vea obligado a cambiar de marcha rápidamente a una inferior. (IDAE, 2011)

3. Técnicas de conducción eficiente

3.1. Aceleración y velocidad

Cuando hay aceleración hay un consumo de energía del combustible para poder ejercer la propulsión, si este llegase a frenar como una acción opuesta de querer disminuir velocidad y de una forma agresiva, llega a consumir aún más de la energía, ya que el vehículo se ve forzado a vencer la fuerza de resistencia a la aceleración; estas dos acciones de forma reiterativa e imprevista, además de ser un valor agregado al desperdicio de consumo, hace que componentes como los frenos se lleguen a tener un aumento de la temperatura debido a la propulsión de calor que emerge de la transformación. Si el conductor emplea una circulación constante, hace posible que se limite el exceso de consumo.

Ante cualquier relación en marcha lo más recomendable según (IDAE, 2002) es que el conductor desarrolle la habilidad de mantener un marcha larga en especial poder circular en mayor medida en cuarta y a bajas revoluciones, acompañado de una aceleración de $\frac{3}{4}$ en el pedal acelerador, con esta medida la potencia que necesita el vehículo para rodar se vuelve más baja.

3.2. Anticipación y prevención

En relación con evitar acelerar excesivamente y frenar de manera repetitiva, se recomienda que el conductor tenga una vista panorámica y adelantada, esto quiere decir que cuando la persona mire hacia delante pueda prever las acciones de los conductores que hay en frente de él, así como del tráfico circundante, evaluando la situación, para así realizar la correcta ejecución sobre la técnica de conducción que vaya a accionar, regulando la velocidad para poder conducir a velocidad uniforme. Es recomendable que se prevea al menos una cantidad de 3 vehículos que están por delante.

3.3. Inercia

Cuando se deba reducir la velocidad, la opción que mejor se adapta a la conducción eficiente es la inercia, como primera instancia se levanta el pie del acelerador y se deja que el vehículo continúe con el movimiento involuntario en la marcha que se encuentre, en este punto, no hay consumo. Si es de completa necesidad, se frenará paulatinamente y se bajará a la marcha inmediatamente anterior. Además de la disminución del consumo del carburante, se observa que hay un menor desgaste en los frenos que incurre en menos costo de mantenimiento preventivo.

3.4. Detención

Ante una parada prevista y necesaria, se recomienda ejercer freno del motor en marcha larga en la que esté circulando. Si la parada es corta, puede apagar el motor y encenderlo como se estipuló en el numeral de arranque (2.1.). “El consumo de combustible de un motor moderno durante el ralentí es de 0,5-0,7 litros por hora, dependiendo del tipo de motor”. (IDAE, 2005) Por consiguiente, apagar el motor en momentos correctos tiene como resultado un ahorro.

3.5. Subidas o bajadas

Ante una pendiente, lo que se considera es no ejecutar una marcha mayor ya que se presenta una oposición a la marcha, así pues la velocidad que lleve ayuda en cierto modo a superar la pendiente y prolongar la reducción de la marcha. En el caso de las bajadas, la aceleración no es necesaria debido a que la pendiente favorece la inercia del vehículo, se puede dejar el vehículo en la marcha en la que el vehículo se encontraba o estar en freno de motor. Así mismo si la velocidad hace un aumento o disminución, se recomienda cambiar la marcha a la velocidad equivalente cuando este llegue a un llano. Por último recordar la leve disminución de freno que se procede a ejecutar cuando el vehículo vaya a tomar una curva.

3.6. Curvas

Para el continuo ahorro de combustible, conviene que ante una curva, retirar el pie del acelerador para así lograr cierta disminución de la velocidad, si necesita aún menos velocidad, de manera suave se pisa el freno hasta lograr la velocidad deseada. No es de total necesidad reducir la marcha a menos de que haya cambiado mucho la velocidad en la que venía el vehículo o si la condición de la curva si esta es muy cerrada. Durante el giro, el pedal del acelerador mantendrá

una posición estable para poder mantener una velocidad uniforme según el giro. En la salida de la curva, el proceso de aceleración normal continuará hasta que se alcance la velocidad de carretera adecuada.

4. Post operacional

Se recomienda que al igual que en la lista de chequeo de la revisión preoperacional se realice otra similar cuando el autobús haya llegado al destino. Esto con el propósito de tener un seguimiento de cada vehículo y la posibilidad de entregar una bitácora la cual aunque no suple la primera revisión se podría realizar otra menos exhaustiva para el siguiente recorrido.

La conducción eficiente siendo un enfoque de amplio beneficio, puede ser variable, debido a muchos aspectos como: el clima, condición de la vía, calzado, estado de ánimo, estado del tráfico, etc. Por consiguiente, el porcentaje de ahorro puede variar. (Lois & Wang, 2019; Sanguinetti, Queen, Yee, & Akanesuvan, 2020) En la tabla 4. Se plasma el posible ahorro de consumo de combustible y el ahorro tanto del combustible como a nivel económico que representa un ahorro para la empresa.

Tabla 4 Ahorro de combustible mediante la conducción económica

| | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Precio galón | Consumo promedio de combustible | 5'917.808,219 Gal/día | \$ 18.468.000.000.000 |
| \$ 8.550 | | 2'610.000.000 Gal/año | \$ 50.597.260.272 |
| Porcentaje de ahorro | Ahorro día | | Ahorro año |
| 5% | \$ 923.400.000.000 | | \$ 2.529.863.014 |
| 10% | \$ 1.846.800.000.000 | | \$ 5.059.726.027 |
| 15% | \$ 2.770.200.000.000 | | \$ 7.589.589.041 |
| 20% | \$ 3.693.600.000.000 | | \$ 10.119.452.054 |

Fuente: Autoría propia.

Con este ahorro significativo, la empresa Coomotor tiene relación a normativa dirigida a la conservación de recursos naturales y la contaminación atmosférica a la cual puede apegarse como:

Tabla 5 Marco legal y posibles beneficios tributarios

| Norma | Exp | Descripción | Beneficio |
|-------------------------|--------|---|---|
| Resolución 1304 de 2012 | Oct 25 | Por la cual se establecen los niveles máximos de emisión y los requisitos ambientales a los que están sujetas las fuentes móviles del sector de servicio público de transporte terrestre de pasajeros en los sistemas colectivo, masivo e integrado que circulen en el Distrito Capital | Beneficios ambientales debido a que la empresa presentará una disminución en la totalidad de emisiones por combustión, pero no impondrá restricciones irrazonables al crecimiento económico, además, beneficios económicos asociados con las mejoras en condiciones de salud. |

| | | | |
|---------------------------|---------|---|--|
| Decreto 3683 de 2003 | Dic 19 | Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial | Asegurar el abastecimiento energético, la competitividad y la promoción de fuentes de energía renovable. |
| Ley 697 de 2001 | Oct 3 | Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. | Estímulos para la investigación a través de COLCIENCIAS |
| Ley 99 de 1993 | Dic 22 | Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. | El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables |
| Decreto 2501 de 2007 | Julio 4 | Por medio del cual se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica. | Diseño y porte de etiquetado con fines de uso racional y eficiente de energía |
| Resolución 180919 de 2010 | Jun 2 | Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto. | Acceder a los incentivos nacionales e internacionales existentes en la materia |

Fuente: Autoría propia.

La anterior normativa sirve como base para que la empresa inicie una intervención y relación para recibir un beneficio económico gracias al ahorro del consumo energético y la considerable disminución de las emisiones al medio. De igual forma, la empresa se encamina a obtener un sello verde y el reconocimiento por medio de éstas, así como la ayuda al país sobre el cumplimiento oportuno de los acuerdos internacionales. Siguiendo en este razonamiento del ahorro, la empresa deberá vincularse con un programa de monitoreo y evaluación de conducción donde se calculen parámetros como: Exceso de velocidad, ralentí, conducción por inercia, conducción por pendiente, anticipación y conducción por programador de velocidad. Con ello, se podrá observar la tendencia del grado global de las técnicas de conducción eficiente.

Conclusiones

Este trabajo muestra cómo es posible un ahorro significativo (5%-20%), para la empresa de transporte intermunicipal Coomotor, influyendo en gran parte en el conductor para que implemente las técnicas y el paso de la formación en conducción eficiente- sostenible.

En particular, la conducción eficiente a pesar de no ser un recurso que se exija a cualquier tipo de vehículo o la certificación a las empresas es un componente que todas las empresas deberían desempeñar ya que su óptimo funcionamiento permite un ahorro energético y por consiguiente la empresa contara con un margen económico a favor. Esto se presenta debido a la disminución del uso de combustible, hay una decrecimiento en los costos de mantenimiento si se siguen las técnicas. Por ejemplo en sistemas de frenos, neumáticos, embrague, etc. La máxima eficiencia se logra, siempre y cuando, las técnicas que desglosan otras como las marchas, se ejecuten de forma correcta pues, estas deben estar por encima de un número mínimo de revoluciones del motor, por consiguiente, si el vehículo es de mayor cilindrada, mayor será el impacto en el consumo que tiene el circular en una marcha más larga para así mantener la velocidad constante, previniendo las frenadas y aceleradas innecesarias. Por otra parte, el freno del motor no sólo tiene efectos positivos en cuanto al ahorro, sino también respecto a las emisiones del tubo de escape, la seguridad vial, el flujo de tráfico y la comodidad de los viajeros.

A pesar de que el conductor tenga conocimiento y ponga en práctica la conducción eficiente, aquella persona, debe saber controlar sus emociones para que pueda recordar cuales son los lineamiento y así poderlo ejecutar de manera correcta; se recomienda que, sumado a lo anterior, el conductor tenga en cuenta su propios cálculos del ahorro energético que se presenta en el recorrido, esto con el propósito de conservar la actitud de la eficiencia energética y el ahorro para poder mantener en el tiempo el confort económico y ambiental la persona que esté al mando de la conducción De igual manera, consecuente a la mejora de la prevención y anticipación, la conducción eficiente logra la disminución de hasta el 40% de los accidentes.

Otros aspectos positivos que se logra por medio de la conducción eficiente es la disminución del impacto de las emisiones de combustión hasta en un (5-10) %, por vehículo y la notable reducción del ruido (debido a bajas revoluciones). De igual forma, el aumento del confort y seguridad vial así, puesto que sentirán que el viaje se realiza de manera suave gracias a la correcta ejecución de lo propuesto, importante para cualquier compañía de transporte.

Por ende, las técnicas de conducción eficiente, puede mejorar el rendimiento de la flota sin una gran inversión y los beneficios de ahorro entonces pueden llegar a ser aún más del 20% si va de la mano con aspectos como mantenimiento preventivo. Así mismo, la conducción eficiente trae consigo una mejora en la autonomía de cada uno de los vehículos y además de los correspondientes beneficios energéticos, medioambientales y económicos, presenta un incremento de utilidades y por ende una mayor rentabilidad en el proceso, puesto que, se mantiene el costo del pasaje ante el consumidor, sumado al ahorro que se tiene debido a la eficiencia energética. Por otra parte la empresa puede llegar a realizar una campaña atractiva de un menor costo del pasaje dándole un valor agregado a la compañía ante la competencia.

Recomendaciones

En paralelo al objetivo del ahorro energético, se recomienda que la flota:

- Evitar el exceso de equipaje, la variación del peso influye en la forma de acelerar y por ende habrá un mayor consumo.
- Revisión m, filtro de combustible, etc, ya que si estos se encuentran en una presión inadecuada o en mal estado incrementaría el consumo de combustible.
- Cambiar de manera oportuna los lubricantes y aceites evita desgaste prematuro del motor, mal funcionamiento, contaminación y aumento de consumo de combustible.
- Para finalizar, cada 2 años a un promedio de 20.000 km realizar la sincronización del vehículo. Este se compone por: lavado de inyectores, mantenimiento cuerpo de aceleración, cambio de bujías, cambio de correas, para así evitar desgaste en llantas y componentes de suspensión, pérdida de maniobrabilidad y aumento en el consumo de combustible por la resistencia al avance.
- Evitar tanquear en horas donde haya mayor radiación solar para así evitar la evaporación del combustible.
- Al momento de llegar al destino parquear en zonas cubiertas o con sombra y apagar por completo el vehículo, para evitar recalentamiento de este y este pueda tener un nuevo recorrido de manera óptima.

Referencias

- Alegre Buj, M. S. (2017). *Modelado del vehículo eléctrico e híbrido paralelo por medio de matlab/simulink y planificación de estaciones de carga mediante sistemas de información geográfica y algoritmos genéticos*
- Alvantara Vascoconcellos, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana espacio, medio ambiente y equidad*. CAF.
- Argos. (2017). *Aplicación y evaluación de la guía de buenas prácticas: En seguridad vial*. No. 30). Elsevier España, S.L.U. Retrieved from CrossRef
- Arroyo Abad, C. (2008). *La política común de transportes: Origen y evolución en europa del transporte público por carretera*
- Bai, Y., & Mao, B. (2009). Energy efficient driving strategy for freight trains based on power consumption analysis. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 9(3), 43-50. doi:[https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/S1570-6672\(08\)60062-8](https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/S1570-6672(08)60062-8)
- Banfi del Río, C. (2019). Sobre la responsabilidad civil por cambio climático en chile. *Acta Bioética*, 25(2), 153-159. doi:10.4067/s1726-569x2019000200153
- Barreiro Gil, M. J. (2009). *El despegue industrial y la reorientación del sistema de transporte terrestre en España, 1940 -1975*
- Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizábal, G. E. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*

Bettera, M., & Montero, M. (2019). Geografía y transporte. *Perífrasis*, 6(12), 121-123. doi:10.25025/perifrasis201561209 Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=6849484>

Decreto 171, (2001). Por el cual se reglamenta el Servicio Público de Transporte Terrestre Automotor de Pasajeros por Carretera. Retrieved from http://data.europeana.eu/item/90901/nd_ark_59851_bmcn8773

Franco González, J., Gallardo Izquierdo, A., Commans, F., & Carlos, M. (2021). Fuel efficient driving in the context of urban waste collection: A spanish case study. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125831. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.jclepro.2021.125831>

Garrido Palacios, J. (1999). Impactos medioambientales y sociales del transporte. *Geographicalia*, (37), 37-52. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=59892>

Gutiérrez Pérez, C. (2010). La actuación frente al cambio climático. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 7(3), 743-744. Retrieved from <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=55177333&lang=es&site=ehost-live>

Hernández González, Y. (2014). *Una evaluación integrada de modelos alternativos de transporte terrestre para viajeros*

Huang, Y., Ng, E. C. Y., Zhou, J. L., Surawski, N. C., Chan, E. F. C., & Hong, G. (2018). Eco-driving technology for sustainable road transport: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 596-609. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.rser.2018.05.030>

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2002). *Manual de conducción eficiente para conductores del parque móvil del estado*

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2005). *La conducción eficiente*

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2006). *Manual de conducción eficiente para conductores de vehículos industriales*

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011). *Conducción eficiente de vehículos industriales*. (). Madrid:

Larrazábal Roche, J. (2004). *Un nuevo estilo de conducción económica, ecológica y segura: La conducción eficiente*

Ley 105 (1993). Por la cual se dictan disposiciones básicas sobre el transporte, se redistribuyen competencias y recursos entre la Nación y las Entidades Territoriales, se reglamenta la planeación en el sector transporte y se dictan otras disposiciones. (). Colombia: Retrieved from

<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=10110>

Lois, D., & Wang, Y. (2019). Multivariate analysis of fuel consumption related to eco-driving: Interaction of driving patterns and external factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 232-242. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.trd.2019.05.001>

Ludwiszewski, R. B., & Haake, C. H. (2008). Cars, carbon, and climate cchange. *Northwestern University Law Review*, 102(2), 665-694. Retrieved from <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=34243707&lang=es&site=ehost-live>

Murcia cortés, D. F. (2010). *Caracterización del transporte intermunicipal de pasajeros por carretera*. (). Bogotá:

Onursal, B., & Gautam, S. P. (1997). *Contaminación atmosférica por vehículos automotores*. Washington:

Pachauri, R., & Meyer, L. Intergovernmental Panel on Climate Change (2015). *Climate change 2014*

Pachón Pedraza, H. (2018). *Tecnología del transporte*. (). Bogotá:

Pañeda, X. G., Garcia, R., Diaz, G., Tuero, A. G., Pozueco, L., Mitre, M., . . .

Pañeda, A. G. (2016). Formal characterization of an efficient driving evaluation process for companies of the transport sector. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 431-445. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.tra.2016.10.004>

Resolución 0315, (2013). Por la cual se adoptan unas medidas para garantizar la seguridad en el transporte público terrestre automotor y se dictan otras disposiciones. (). Colombia: Retrieved from <https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?idFile=10110>

Sacyr. (2010). *Manual de buenas prácticas ambientales en intercambiadores de transporte*

Sanguinetti, A., Queen, E., Yee, C., & Akanesuvan, K. (2020). Average impact and important features of onboard eco-driving feedback: A meta-analysis. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 70, 1-14. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.trf.2020.02.010>

Scania. (2009). *Guía rápida guía para el lector al dorso*

Secretaría Distrital de Movilidad. (2018). *Conducción técnicas para una conducción ecológica, económica, segura y sostenible*

Siles, L. E. (2015). *Cuatro décadas de cumbres, entre el avance y la frustración*

Sivak, M., & Schoettle, B. (2012). Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy. *Transport Policy*, 22, 96-99. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.tranpol.2012.05.010>

Solarin, S. A. (2020). An environmental impact assessment of fossil fuel subsidies in emerging and developing economies. *Environmental Impact Assessment*

Review, 85, 106443. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.eiar.2020.106443>

Tabón A, A., & Galvis, D. (2009). *Análisis sobre la evolución reciente del sector de transporte en Colombia*

Villete, M., Lahera, T., Merino, S., Zato, J. G., Naranjo, J. E., & Jiménez, F. (2012). Modelo para la conducción eficiente y sostenible basado en lógica borrosa. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 9(3), 259-266. doi:10.1016/j.riai.2012.05.009 Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.riai.2012.05.009>

Yuan, W., & Frey, H. C. (2020). Potential for metro rail energy savings and emissions reduction via eco-driving. *Applied Energy*, 268, 114944. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.apenergy.2020.114944>

Zavalko, A. (2018). Applying energy approach in the evaluation of eco-driving skill and eco-driving training of truck drivers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 672-684. doi:<https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1016/j.trd.2018.01.023>

Zubelzu Mínguez, S., & López Díaz, A. I. (2014). Modelo de cálculo de las emisiones difusas de gases de efecto invernadero procedentes del transporte. análisis según variables de diseño urbanístico. *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (73), 200-213. Retrieved from

<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=99618064&lang=es&site=ehost-live>