

EFFECTOS DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE EN LA DISTRIBUCIÓN DE MERCANCÍAS

Juan Francisco Coloma

Universidad de Extremadura

Marta García

Universidad de Extremadura

Gonzalo Fernández

Universidad de Extremadura

Andrés Monzón

Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN

El sector del transporte es uno de los mayores causantes de las emisiones de contaminantes y de los gases de efecto invernadero (GEI). La conducción eficiente en los últimos años ha demostrado ser una herramienta eficaz para reducir el consumo de carburante y las emisiones de GEI a la atmósfera. Hasta ahora la mayor parte de investigaciones realizadas se han centrado en aplicar las técnicas de conducción eficiente a conductores corrientes en sus itinerarios habituales, sin embargo, existe muy poca investigación en la distribución de mercancías sobre conductores profesionales. Parece por tanto necesario analizar los efectos que la conducción eficiente produce sobre el consumo de combustible y emisiones de GEI de la distribución de mercancías de una ciudad pequeña como Cáceres. Para ello se han realizado un experimento en tiempo real con conductores profesionales conduciendo furgonetas de la empresa pública Correos. En un primer periodo se ha realizado una conducción en condiciones normales (non eco) donde se han registrado segundo a segundo mediante un dispositivo instalado en los vehículos (OBDKEY), distintos parámetros de la conducción (posición, velocidad, rpm, aceleración, deceleración, paradas, etc.). Después de un periodo de formación teórica en conducción eficiente, se ha realizado un segundo periodo de conducción (eco) donde se han vuelto a registrar los mismos parámetros y se han evaluado los efectos que produce sobre los mismos esta conducción. Esta investigación analiza los consumos y emisiones de GEI según la zona de reparto en la ciudad de Cáceres (urbanas, suburbanas y extrarradio) para ambos tipos de conducción (eco y non eco). A partir de este análisis se evalúa la reducción de consumos de combustible y emisiones a la atmósfera con la conducción eficiente y se comparan los resultados obtenidos con conductores no profesionales.

1. INTRODUCCION

El sector transporte representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero y casi el 40% de las emisiones de los sectores difusos.

Por modos de transporte, la carretera representa casi el 95% de las emisiones, mientras que la contribución de otros modos de transporte es bastante más minoritaria (EEA, 2019). Los turismos y furgonetas representaban el 73 % de las emisiones de GEI del transporte por carretera en 2015 (NU, 2019a).

El acuerdo de París (NU, 2015) marcó el objetivo de reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) un 40% en 2030 con respecto a las emisiones de 1990. Para poder alcanzar este objetivo, la ONU (NU, 2019b) ha advertido que a partir de 2020 las emisiones de carbono tendrán que reducirse a un ritmo de 7,6% al año para cumplir con la meta de un calentamiento global limitado a 1,5 grados.

En la COP-25 de Madrid (Conference of Parties of the United Nations Framework Convention on Climate Change) (NU, 2019b), 73 Estados se han comprometido a ser neutros en carbono en 2050, entre ellos, España. Para lograrlo, España se ha fijado reducir una de cada tres toneladas de CO₂ en la próxima década, duplicando el consumo final de energía renovable en 2030.

En España el modo mayoritario de transporte es sin duda el transporte por carretera, tanto en pasajeros como en mercancías, representado más del 80% de la movilidad total a nivel nacional (MITECO, 2020a). Existen circunstancias propiamente nacionales que han supuesto un incremento de la cuota modal de la carretera, como el modelo de crecimiento urbanístico disperso en el caso de la movilidad de pasajeros y el hecho de ser un país periférico en el caso de la movilidad de mercancías. Además, se caracteriza por el uso preferente de combustibles derivados del petróleo que representan más de 90% del total de energía consumida en el sector transporte en España (Pérez y Monzón, 2008).

Las emisiones de gases de efecto invernadero correspondientes al sector del transporte en España en el año 2014 fueron de 77,2 MtCO₂-eq (MITECO, 2020b), habiéndose incrementado casi en un 50% desde 1990 como consecuencia del incremento en la demanda de movilidad de pasajeros y mercancías.

La búsqueda por tanto de medidas de reducción de emisiones de GEI es uno de los objetivos de cualquier país que persiga la neutralidad en carbono para el año 2050. En el caso del transporte de mercancías existen las siguientes medidas para reducir las emisiones de GEI:

1. Sistema de gestión de flotas. Las herramientas informáticas disponibles permiten organizar mejor el tráfico de mercancías y limitar el consumo de combustible y, en consecuencia, de emisiones de CO₂. Cada vez más empresas apuestan por estos sistemas para reducir los kilómetros en vacío y controlar la distribución de cada camión. Las empresas que los han utilizado han reducido las emisiones de sus procesos logísticos hasta en un 2% cada año (Demir et al., 2014).

2. Vehículos a gas natural. El gas natural se ha considerado durante muchos años como la energía de transición, hasta que la eléctrica consiga la autonomía suficiente. Jugará un papel destacado en la descarbonización de la economía mundial y cada vez tiene más aplicaciones en transporte terrestre y marítimo. En 2017 el consumo de gas creció un 9% en España y se espera que despegue a partir del 2020. En el transporte de mercancías por carretera, con cada vez más gasolineras de gas, el gas natural gana confianza para viajes de larga distancia. Los fabricantes de camiones también aumentan su apuesta por este combustible (NGVA, 2017).

3. Megacamiones. El megacamión (o camión euromodular) mide 25,25 metros de largo, pesa 60 toneladas y tiene una capacidad de 51 palés. El llenado pasa de un 54% a un 57,5%, lo que reduce el número de viajes, kilómetros y el consumo de combustible. Según un estudio de la Comisión Europea (CE, 2017), los megacamiones pueden ahorrar hasta un 20% de combustible, un 20% de las emisiones de CO₂ y un 40% de las emisiones de otros contaminantes como NO_x (óxidos de nitrógeno).

4. Conducción eficiente. Cómo arrancar, cuándo empezar a frenar, mantener una velocidad adecuada... son conceptos que reducen el consumo de carburante y, por tanto, las emisiones de CO₂. Además, suponen ahorro económico y de energía, menos mantenimiento, mejora de la velocidad media, menos riesgo de accidentes y mejora del confort. La conducción eficiente permite ahorros medios del 10% en carburante, según la guía de conducción eficiente de vehículos industriales del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España (IDAE, 2011). Los programas de formación en conducción eficiente realizados a conductores de forma individual, suelen estar compuestos de dos partes, una teórica y otra práctica. En la parte práctica se hace hincapié en conducir de forma suave manteniendo una velocidad constante, cambiando de marchas a bajas revoluciones y evitando en la medida de lo posible las repentinas aceleraciones/deceleraciones (Wang y Boggio-Marzet, 2018).

En la literatura, las técnicas de conducción eficiente (Sivak y Schoettle, 2012) han demostrado distinta eficacia en el ahorro de combustible y emisiones de GEI en función de diversos factores externos y métodos de aprendizaje empleados. Los valores de reducción de emisiones de CO₂ oscilan entre el 0,5% y 10% en función del tipo de carretera -carreteras urbanas o autovías- (Alam y McNabola, 2014). La intensidad de tráfico o las pendientes por las que se circula el vehículo son factores que tienen una incidencia directa en el consumo (Kamal et al, 2012). Por tanto, las técnicas de conducción eficiente que se deben emplear son distintas en función del tamaño de la ciudad (Coloma et al., 2020), o el tipo de carretera recorrida (Coloma et al, 2019).

Las investigaciones realizadas hasta ahora sobre conducción eficiente se han centrado normalmente en conductores no profesionales, conduciendo turismos en distintos tipos de carretera, vehículo o ciudad, pero no se ha visto el efecto de la conducción eficiente en

empresas de mensajería cuyos conductores son profesionales y tienen como objetivo realizar un reparto en el menor tiempo posible. Conocido este vacío en la literatura los objetivos de esta investigación serán:

1. Consumos y emisiones emitidas a la atmósfera por los vehículos de reparto de mercancías durante una conducción normal y posteriormente con una conducción eficiente.
2. Evaluación de la reducción de consumos de combustible y emisiones a la atmósfera en la conducción eficiente.
3. Comparación de los resultados obtenidos en esta investigación con los de conductores no profesionales que no tienen las obligaciones y exigencias del reparto.

Para cumplir estos objetivos se cuenta con la colaboración de la empresa pública de mensajería española Correos. La ciudad elegida ha sido Cáceres (España) ya que se en ella se ha llevado a cabo un experimento similar con conductores noveles (Coloma, et al, 2017) y puede servir para comparar la eficacia de estas técnicas de conducción en conductores profesionales.

Después de esta introducción el apartado 2 hace una descripción de la metodología seguida para realizar los ensayos con conductores profesionales antes y después de recibir formación en conducción eficiente, el apartado 3 describe los resultados y realiza un análisis de los mismos comparándolos con conductores noveles en Cáceres y con otras investigaciones publicadas en la literatura. Finalmente se adjunta un apartado con las conclusiones más sobresalientes de esta investigación aportando nuevas ideas para futuras investigaciones.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados favorables de anteriores investigaciones en el campo de la conducción eficiente animan a llevar a cabo un experimento de conducción “eco” en el sector de los vehículos pertenecientes a entidades profesionales donde el consumo de combustible tiene un impacto directo en el rendimiento económico de la empresa. Para ello se lleva a cabo un ensayo en cuatro vehículos pertenecientes a la empresa “Sociedad Estatal Correos y Telégrafos, S.A., S.M.E. (Correos)” en la ciudad de Cáceres (España).

La investigación consta de dos partes, unas pruebas de campo y un posterior estudio y análisis. En las pruebas de campo los vehículos realizan sus respectivas rutas con conducción normal la primera semana y con conducción eficiente en una semana posterior.

En ambas conducciones se realiza un almacenamiento y registro de los principales datos de conducción del vehículo (posicionamiento GPS, velocidad, aceleraciones/deceleraciones, etc). En la segunda parte, se elabora un análisis y estudio de los datos recogidos para poder analizar la eficacia de la conducción eficiente en conductores profesionales.

2.1. Primera fase: Recolección de datos de la actividad de los vehículos en carretera

El génesis de la investigación se sitúa a mediados del mes de septiembre de 2019 y se desarrolla hasta mediados de octubre, consistiendo en la recolección de datos a través de un dispositivo OBD (OBD-KEY, 2020) implementado en los vehículos, el cual almacenaba diferentes parámetros sobre la actividad de los automóviles en sus respectivas jornadas de reparto. En un primer lugar, los conductores ejercieron el tipo de conducción habitual que venían practicando hasta la fecha, después de esta primera extracción de datos, los conductores asistieron a una jornada de instrucción sobre conducción eficiente, con el fin de implementar en su sistemática de manejo del vehículo, actitudes típicas de este modo de conducción. Una vez adquiridos estos conocimientos, los conductores comenzaron a conducir en modo “eco” registrándose también los mismos parámetros de conducción que fueron extraídos en la fase anterior para poder llevar a cabo su comparación. Al final de estas jornadas, se recogieron las sensaciones al respecto en una encuesta realizada a los conductores participantes.

En este tipo de experimentos es necesario el compromiso de los conductores para realizar el ensayo, es decir, el factor humano tiene un peso muy importante en los resultados y eficacia de aplicación de estas técnicas. Adicionalmente, es necesario aclarar que en esta ocasión, las rutas no eran predefinidas, lo que si se hace en otros estudios (Zarkadoula, 2007), sino que estaban sujetas a los itinerarios que marcaban los repartos o bien a la metodología de distribución que los conductores consideraran oportuna. Por tanto, los conductores se enfrentaron a multitud de situaciones de tráfico, lo que afectó a variables que inciden en la investigación como pueden ser la velocidad, tiempos de espera por congestión de tráfico o el confort. No obstante, estos factores son necesarios para evitar sesgos en los resultados que, si son positivos, demostrarían la fácil implementación de la conducción eficiente en los sectores profesionales y lo beneficioso a nivel económico y ambiental que es este tipo de conducción con independencia de la tipología de la distribución de los repartos.

2.1.1. Caso de estudio: Cáceres, España

Cáceres es una ciudad localizada en el oeste de España, con una población de aproximada de 96.000 habitantes y que cuenta con una superficie de 30 km². La ciudad posee un significativo pasado histórico, contando con una densidad importante de monumentos y con una morfología urbanística característica de la Edad Media que resulta única, lo que le ha llevado a ser nombrada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en el año 1986 (UNESCO, 1986).

Cáceres posee una Ciudad Monumental, situada en el centro, de carácter urbano peatonal protegido, a la que perimetralmente se han añadido, tras diversas actuaciones urbanísticas, nuevas zonas de ámbito civil que han ido desarrollándose de forma paulatina a lo largo del tiempo. Sin duda, el modo de transporte principal es el automóvil, representando un 55% de los movimientos dentro de la ciudad.

La orografía de carácter montañoso que posee el emplazamiento de la ciudad y sus dimensiones, no impiden que el desplazamiento peatonal suponga un tercio de los movimientos, a costa de los medios públicos que solo representan un 10% del total (AYUNTAMIENTO DE CACERES, 2014). La ciudad de Cáceres tiene tres franjas horarias punta en cuanto a los movimientos de transporte para acceso a la ciudad: entre las 8 y las 9h, entrada a los trabajos y los centros de enseñanza (10% por encima de la media), y entre las 18 y 19h, donde se produce el regreso a los hogares (15% superior a la media). Como ejemplo, la Avenida de España, situada en el centro de la ciudad, cuenta con un promedio de 1000 vehículos/hora por cada sentido, creciendo dicho valor hasta 1300v/h a las 14h (AYUNTAMIENTO DE CACERES, 2010).

El crecimiento sostenible de la ciudad pasa por implementar medidas que fomenten el uso del transporte público y la movilidad peatonal. A pesar de que ya se han estado aplicando políticas de protección del medio ambiente y reducción de las emisiones en el centro histórico de Cáceres, que en gran parte está dedicado a los peatones, se ve necesario aumentar el número de zonas con estas características, que excluyan los movimientos de automóviles para alcanzar nuevas y mejores metas de sostenibilidad.

2.1.2. Rutas y condiciones de tráfico

Cáceres es una ciudad pequeña que puede ser atravesada de lado a lado en tan solo 15 minutos. Como se ha dicho anteriormente, las rutas no siguen itinerarios definidos, se trata de rutas típicas de una jornada de transporte de repartos de un conductor profesional que se distribuyen por casi toda la ciudad y recorren diferentes tipos de vías urbanas.

Se definen cinco tipos de vías (USDT, 2013), para poder caracterizar los distintos tramos y analizar las rutas específicas de tamaño menor (micro-rutas).

1. Calle local (Local). Este tipo de vía urbana se dispone en el interior de la ciudad. La calzada tiene un carril por sentido de circulación, sin mediana ni aparcamientos. La velocidad máxima de la vía es de 50 km/h.
2. Colector urbano (Colector). Carretera que rodea el centro de la ciudad y conecta puntos neurálgicos de esta. Su calzada está compuesta por dos carriles en cada dirección, dispone de mediana y aparcamiento a cada lado. La velocidad está limitada a 30 km/h y en ocasiones está congestionada.
3. Carretera perimetral (Perimetral). Antigua circunvalación de la ciudad integrada ahora en la red urbana. Tiene doble calzada con dos carriles para cada dirección separados con doble línea continua o mediana, su límite de velocidad es 50 km/h y apenas crea congestión de tráfico.
4. Variante de población (variante). Se sitúa como circunvalación exterior rodeando las afueras de la ciudad. Las intersecciones se ejecutan por medio de glorietas y los pasos para peatones, en su mayoría, se regulan por medio de semáforos. Los límites de velocidad se sitúan en una horquilla de entre 40 y 80 km/h.

El experimento tuvo lugar entre el 23 de septiembre y 2 de octubre de 2019 para la conducción habitual (non eco) y entre el 9 y 18 de octubre del mismo año para la conducción eficiente (eco). Entre ambos periodos se imparte la formación eco-driving a los conductores de la entidad pública.

2.1.4. Recolección de datos experimentales

Para el ejercicio de campo de la investigación se emplearon vehículos de tipo comercial, en este caso furgonetas diésel, con similitudes en sus características técnicas, tres de ellas pertenecientes a la gama Kangoo de la marca automovilística Renault y la cuarta correspondía a la gama Partner de la marca Peugeot (tabla 1). Los vehículos comerciales representan aproximadamente el 20% de los automóviles activos en la ciudad de Cáceres (DGT,2019).

CARACTERÍSTICAS	PEUGEOT	RENAULT
Clasificación comercial	PARTNER 1.6 HDi 75	KANGOO 1.5 DCi 70 CV
Tipo de cambio de marchas	Manual (5)	Manual (5)
Masa máxima autorizada	1960	2956
Potencia (CV)	75	70
Dimensiones (LxWxH) (mm)	4380 x 2890 x 1801	4213 x 2133 x 1799
Asientos	2 – 5	2 – 5
Emisiones (g de CO2/km)	143	147
Clasificación por consumo relativo	C	D

Tabla 1. Características técnicas de los vehículos utilizados en la investigación

2.1.5. Medición de variables

Para la obtención y almacenamiento de los parámetros necesarios para el posterior estudio, se dispuso a bordo de los vehículos el dispositivo ODB-Key, de esta manera se pudo obtener un perfil de conducción para cada automóvil. Se registró en todo momento la ubicación geográfica de los vehículos, de modo que se pudiera sintetizar de manera digital en el posterior análisis de datos. El proceso que sigue el sistema se representa a continuación:



Figura 2. Esquematación del proceso del sistema de obtención y almacenamiento de datos.

La obtención y almacenamiento de datos se resume en la tabla 2.

PROCESO	OPERADOR	FUNCIÓN
1	OBD-Key	Instalación en vehículo
2	OBD-Key	Obtención de datos
3	OBD-Key	Envío de datos a la aplicación
4	App	Almacenamiento y geolocalización
5	PC	Tratamiento de datos

Tabla 2. Características técnicas de los vehículos utilizados en la investigación

Los efectos de la conducción eficiente se evaluarán por un lado comparando el consumo de combustible y emisiones de CO₂ a la atmósfera y por otro, analizando los parámetros de conducción que tienen mayor influencia en el consumo. Según Coloma et al. (2018) y posteriormente Lois et al. (2019), los parámetros que tienen una mayor influencia en el consumo y que son capaces de representar más del 80% del consumo de fuel son la velocidad media, las revoluciones por minuto (rpm) medias y las aceleraciones y deceleraciones superiores e inferiores a 0,83 m/s² respectivamente. Además de estos valores que justifican el consumo se registran otros parámetros que se consideran de interés para caracterizar las distintas rutas por su ubicación (posicionamiento GPS) y situación del tráfico (tiempos de recorrido y número de paradas). La siguiente lista muestra los parámetros que finalmente fueron utilizados para el análisis antes y después de que los conductores recibieran la formación sobre conducción eficiente:

Posición GPS (longitud y latitud) y distancia recorrida (km).

Tiempo de viaje (h) y número de paradas.

Velocidad media (km/h).

Rpm medias, aceleraciones y deceleraciones medias (m/s²).

Consumo de combustible (l/100 km).

2.2. Segunda fase: Análisis y estudio de los datos recolectados.

En la fase de gabinete se reciben los datos almacenados que se procesan a partir de hojas de cálculo. Estos datos se filtran para eliminar los registros erróneos y las paradas para realizar los repartos. Posteriormente, es necesario llevar a cabo una discretización de los distintos parámetros seleccionados y organizarlos de modo que se puedan realizar sobre ellos cálculos como sumatorios, promedios, ponderaciones o cambios de unidades que nos permitan obtener resultados equiparables unos con otros y que nos faciliten la obtención de conclusiones fiables.

A la hora de enfrentarte al tratamiento de datos, en primera instancia nos encontramos con varios documentos pertenecientes a cada conductor, donde se registran por cada segundo de tiempo cada uno de los parámetros que monitoriza el OBD-Key.

Para poder sintetizar esta cantidad de información, se hace necesario obtener los resultados representativos de cada jornada de trabajo, de modo que obtengamos los resultados de los parámetros correspondientes a cada día de trabajo de cada conductor.

Una vez generadas estas hojas de cálculo, se comienza a realizar comparaciones entre las conducciones no ecológicas y las ecológicas entre los mismos vehículos, para ello, los datos más relevantes son el consumo de combustible y las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Como cada conductor recorrió distancias diferentes y manejó el vehículo a velocidad también diferente, se hace necesario obtener los parámetros de consumo y emisiones de manera ponderada respecto al tiempo de trayecto de cada jornada. Así, los resultados se comparan con conducciones llevadas a cabo por el mismo conductor antes y después de la formación eco.

El compendio de datos obtenidos también permitió analizar pequeños tramos de rutas realizadas por los automóviles (microtrips). Para ello se obtenían los tiempos iniciales y finales en puntos truncados de los itinerarios de distribución, utilizando en este caso un software de almacenamiento y análisis de geolocalización (QGis, 2020), en el cual se podía apreciar gráficamente los recorridos realizados por los conductores y obtener datos de cada punto de trayecto. Este proceso permitía investigar sobre los beneficios del eco-driving en trayectos más pequeños.

Finalmente se realiza una encuesta a los conductores que permite valorar el estado de ánimo y actitud del conductor a aplicar las técnicas de conducción eficiente. Con los puntos descritos en este apartado sobre la metodología con la que se gestionó el proceso de obtención y análisis de datos, se pueden obtener resultados que nos permitan establecer conclusiones satisfactorias acerca de esta investigación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos estadísticos del experimento han sido los incluidos en la tabla 3:

VEHÍCULO	MODO DE CONDUCCIÓN	DISTANCIA DE RECORRIDA (km)	TIEMPO DE CONDUCCIÓN (h)	DE N° REPARTOS REALIZADOS
4121KDW	NON-ECO	195,241	46,938	379
	ECO-DRIVING	346,600	68,014	584
4414JKD	NON-ECO	123,100	33,144	266
	ECO-DRIVING	167,247	34,463	340
2790KRG	NON-ECO	96,840	31,665	328
	ECO-DRIVING	43,940	11,180	133
4118KDW	NON-ECO	176,766	24,782	245
	ECO-DRIVING	139,166	23,411	277
SUMA	NON-ECO	591,947	136,529	1218
PARCIAL	ECO-DRIVING	696,953	137,068	1334
TOTALES	NECO+ECO	1288,900	273,597	2552

Tabla 3. Distancias recorridas, tiempos de conducción y repartos realizados

Los repartos por tipo de zona (residencial o industrial) y por edad (mayores o menos de 45 años) se representan en la tabla n°4

REPARTOS POR ZONA			REPARTOS POR EDAD		
USOS	N° REPARTOS	%	EDAD	N° REPARTOS	%
Residencial	2424	95,28	Mayores de 45	1150	47,44
Industrial	120	4,72	Menos de 45	1274	52,56
TOTAL	2544*	100	TOTAL	2424*	100

*No se tiene registro del destino de todos los repartos realizados

Tabla 4. Distribución de los repartos por tipo de zona y edad.

3.1. Parámetros de conducción

En la tabla 5 se recogen por vehículo cada uno de los parámetros de conducción registrados en ambos tipos de conducción eco y non eco.

	MODO	VEHÍCULOS			
	CONDUCCIÓN	4121KDW	4414JKD	2790KRG	4118KDW
VELOCIDAD MÁXIMA (km/h)	NON-ECO	40,619	47,069	31,696	61,122
	ECO-DRIVING	50,061	74,933	29,963	49,195
V95 (km/h)	NON-ECO	37,199	42,545	28,930	55,642
	ECO-DRIVING	44,566	68,072	28,288	44,692
VELOCIDAD MEDIA (km/h)	NON-ECO	17,008	19,947	15,305	30,288
	ECO-DRIVING	19,156	34,239	15,354	25,802
RPM MEDIAS	NON-ECO	1335,843	1224,952	1208,728	1744,645
	ECO-DRIVING	1451,565	1834,372	1286,472	1412,045
RPM MÁXIMAS	NON-ECO	2532,164	2849,191	1956,477	3004,262
	ECO-DRIVING	2802,280	3792,467	2012,363	2365,704
ACEL. MEDIA POSITIVA (m/s ²)	NON-ECO	0,503	0,720	0,417	0,9120
	ECO-DRIVING	2,613	1,041	0,358	0,8100
ACEL. MEDIA NEGATIVA (m/s ²)	NON-ECO	-0,518	-0,678	-0,434	-0,920
	ECO-DRIVING	-2,648	-1,013	-0,386	-0,782
ACEL. MÁXIMA POSITIVA (m/s ²)	NON-ECO	2,013	2,906	1,503	4,072
	ECO-DRIVING	0,611	4,153	1,327	3,217
ACEL. MÁXIMA NEGATIVA (m/s ²)	NON-ECO	-0,518	-2,515	0,417	-4,007
	ECO-DRIVING	-0,632	-3,730	-1,380	-3,469

Tabla 5. Parámetros de conducción para los distintos tipos de vehículo y conducción.

Eco-driving produce reducciones de rpm, velocidad y aceleraciones / desaceleraciones (Huang et al., 2018 y Saito et al., 2008). De los resultados obtenidos se puede concluir que solo el conductor 5 mejora sus parámetros de conducción con la conducción ecológica. Las velocidades, rpm y aceleraciones máximas y medias aumentan con la conducción ecológica en los parámetros de conducción de los otros 4 conductores.

La congestión o el estrés que implica la entrega de paquetes en el menor tiempo posible, hace que la mayoría de los conductores profesionales en el experimento no hayan obtenido mejoras en los parámetros de conducción al conducir eco.

3.2. Consumo y emisiones

La tabla 6 recoge los consumos y emisiones de CO₂ estimadas para cada uno de los vehículos y tipos de conducción.

	MODO CONDUCCIÓN	VEHÍCULOS			
		4121KDW	4414JKD	2790KRG	4118KDW
CONSUMO (l/100km)	NON-ECO	6,955	4,930	6,756	5,010
	ECO-DRIVING	4,918	4,005	6,807	5,071
EMISIONES DE CO ₂ (g/km)	NON-ECO	217,8500	150,186	205,201	157,891
	ECO-DRIVING	151,838	121,676	208,033	160,444

Tabla 6. Consumo y estimación de emisiones para los distintos tipos de vehículo y conducción.

El consumo de combustible y las emisiones de CO₂ muestran que la conducción ecológica en las ciudades pequeñas no es eficiente. El único conductor con parámetros de conducción ecológica ha obtenido un mayor consumo medio de combustible y mayores emisiones de CO₂. Tres de los otros cuatro conductores sin parámetros de conducción ecológica reducen el consumo de combustible y las emisiones. Esto muestra que en las ciudades pequeñas, las altas velocidades significan tiempos de viaje cortos que a su vez reducen el consumo medio de combustible (l/100 km) y, por tanto, las emisiones medias. La conducción ecológica reduce velocidades y aceleraciones, pero en ciudades pequeñas donde los recorridos son muy cortos, no reduce suficientemente el consumo instantáneo y esto provoca que los tiempos de conducción más largos produzcan un mayor consumo medio de combustible (l/100 km) y como consecuencia, mayor Emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Esta afirmación coincide con Schall et al (2016), ya que no observaron mejoras en la reducción del consumo de combustible con conducción ecológica en una empresa de mensajería en Munich (Alemania). Sin embargo, estos resultados van en contra de la mayoría de las investigaciones realizadas hasta ahora con conductores no profesionales, ya que muestran resultados favorables en el consumo con conducción ecológica tanto en ciudades grandes como pequeñas, por ejemplo Dhaou (2011) logró un ahorro de combustible de aproximadamente un 20% con la conducción ecológica en 10 ciudades de Túnez y Andrieu et al. (2012) obtuvo un 11,3% de ahorro de combustible en una pequeña ciudad francesa llamada Pontchartrain.

3.2. Microtrips

Se ha realizado también un análisis por tipo carretera recorrida (local, colectora, perimetral, variante e interurbana) para ver si se pueden sacar conclusiones sobre la conducción eficiente de los conductores profesionales por tipo de ruta. Las características de las micro rutas seleccionadas (micro trips) se adjuntan en la tabla 7.

TIPO DE VÍA	Nº RUTA	ASIGNACIÓN DEL TRAMO	DESCRIPCIÓN	LONG. TRAMO	LÍMITES VELOC.
LOCAL	1	RONDA MARQUES DE VADILLO	UN CARRIL POR CADA SENTIDO, ARCÉN A AMBOS LADOS	550 m	50 km/h
COLECTORA	2	AV. HISPANIDAD – INTERSECCIÓN ANTONIO HURTADO	DOS CARRILES POR CADA SENTIDO SEPARADOS POR MEDIANA, APARCAMIENTOS A AMBOS LADOS	600 m	30 – 50 km/h
	3	AV. RUTA DE LA PLATA	DOS CARRILES POR CADA SENTIDO SEPARADOS POR MEDIANA CON VEGETACIÓN	900 m	30 – 50 km/h
PERIMETRAL	4	ROT. HERNÁN CORTÉS – PLAZA DE TOROS	DOS CARRILES POR CADA SENTIDO SEPARADOS POR MEDIANA, APARCAMIENTOS A AMBOS LADOS	950 m	50 km/h
	5	ROT. DIOCESANO – ROT. UNIV. LABORAL	DOS CARRILES POR CADA SENTIDO SEPARADOS POR MEDIANA, UNA PARTE CON APARCAMIENTOS A AMBOS LADOS	1200 m	50 km/h

TIPO DE VÍA	DE	Nº RUTA	ASIGNACIÓN DEL TRAMO	DESCRIPCIÓN	LONG. TRAMO	LÍMITES VELOC.
VARIANTE		6	ROT. CASAR DE CÁCERES – GLORIETA G. CORDEL MERINAS	DOS CARRILES POR CADA SENTIDO SEPARADOS POR MEDIANA CON VEGETACIÓN, LATERALES PROTEGIDOS CON GUARDARAÍLES	1000 m	50 – 80 km/h
		7	RONDA NORTE	DOS CARRILES POR CADA SENTIDO SEPARADOS POR MEDIANA CON VEGETACIÓN, LATERALES PROTEGIDOS CON GUARDARAÍLES	2200 m	50 – 80 km/h
INTER-URBANA		8	ROTONDA CABEZARRUBI A – POL. CAPELLANÍAS	DOS CARRILES POR CADA SENTIDO SEPARADOS POR MEDIANA CON VEGETACIÓN	950 m	80 km/h

Tabla 7. Características de las micro rutas seleccionadas.

Las distancias de conducción, tiempos de recorrido y repartos realizados en las micro rutas seleccionadas se adjuntan en la tabla 8.

TIPO DE VÍA	Nº RUTA	MODO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (h)	Nº
LOCAL	RUTA 1	NON-ECO	1,196	0,047	4
		ECO- DRIVING	3,322	0,147	10
COLECTOR	RUTA 2	NON-ECO	1,514	0,185	9
		ECO- DRIVING	0,788	0,118	5
	RUTA 3	NON-ECO	6,287	0,304	13
		ECO- DRIVING	1,52	0,09	2
PERIMETRAL	RUTA 4	NON-ECO	7,181	0,632	18
		ECO- DRIVING	11,622	1,323	18
	RUTA 5	NON-ECO	3,003	0,13	5
		ECO- DRIVING	1,892	0,103	5
VARIANTE	RUTA 6	NON-ECO	4,502	0,121	6
		ECO- DRIVING	2,822	0,084	5
	RUTA 7	NON-ECO	2,286	0,092	6
		ECO- DRIVING	5,512	0,139	11
INTER- URBANA	RUTA 8	NON-ECO	9,796	0,168	13
		ECO- DRIVING	4,506	0,085	6
SUMA PARCIAL		NON-ECO	35,766	1,679	74
		ECO- DRIVING	31,983	2,088	62
SUMATORIO		EC+NE	67,749	3,767	136

Tabla 8. Distancias recorridas, tiempos de conducción y número de repartos realizados en las micro rutas seleccionadas.

Los parámetros de conducción registrados en las micro rutas antes y después de la formación en conducción eficiente se incluyen en la tabla 9.

	MODO	LOC.	COLECTOR			PERIMET.		VARIANTE		INT. URB.
		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	
VELOC. MÁXIMA (km/h)	NON-ECO	51,40	43,21	65,89	51,92	76,91	83,37	60,43	87,99	
	ECO	67,82	44,36	41,67	52,85	70,58	80,71	84,52	51,37	
V95 (km/h)	NON-ECO	50,48	40,76	63,61	47,79	75,44	81,29	58,04	86,79	
	ECO	66,42	42,66	41,06	47,15	69,37	79,04	81,64	50,96	
VELOC. MEDIA (km/h)	NON-ECO	39,61	26,57	37,19	13,42	57,04	57,59	38,95	73,59	
	ECO	44,85	25,86	26,87	27,73	42,81	64,73	56,63	45,48	
RPM MÁXIMAS	NON-ECO	2520	2461	2296	2409	2372	3057	2776	2859	
	ECO	3205	2233	2159	2481	2426	2592	3077	2234	
RPM MEDIAS	NON-ECO	1869	1326	1522	1365	1745	2049	1962	2154	
	ECO	2428	1231	1423	1483	1479	1882	2293	1833	
ACEL. MÁXIMA POSITIVA (m/s ²)	NON-ECO	1,716	2,124	2,407	2,631	1,894	1,696	2,601	1,764	
	ECO	2,215	2,796	1,067	4,944	1,871	1,629	2,619	0,806	
ACEL. MÁXIMA NEGATIVA (m/s ²)	NON-ECO	-1,182	-	-2,683	-2,66	-2,69	-	-3,42	-2,69	
	ECO	-1,768	1,621	-1,493	-	-2,366	2,939	-3,392	-1,31	
ACEL. MEDIA POSITIVA (m/s ²)	NON-ECO	0,608	0,615	0,638	0,825	0,652	0,575	0,775	0,558	
	ECO	0,662	0,729	0,292	0,899	0,689	0,551	0,905	0,290	
ACEL. MEDIA NEGATIVA (m/s ²)	NON-ECO	-0,496	-	-0,697	-	-0,793	-	-0,855	-0,85	
	ECO	-0,59	0,553	-0,338	0,748	-0,711	0,767	-1,094	-0,29	
			0,651		0,817		0,566			

Tabla 9. Parámetros de conducción en las micro rutas seleccionadas.

Las investigaciones realizadas en diferentes tipos de carreteras normalmente reducen la velocidad, las rpm y las aceleraciones en la conducción ecológica (Beusen et al., 2009), sin embargo, hay otros estudios que muestran que en carreteras congestionadas, la conducción ecológica no reduce estos parámetros (García-Castro y Monzón, 2014).

La tabla 10 incluye los consumos y la estimación de emisiones para las micro rutas seleccionadas.

	MODO	LOC.	COLECTOR		PERIMET.		VARIANTE		INT. URB.
		R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8
CONSUMO (l/100 km)	NON-ECO	3,251	7,608	8,819	11,49	8,417	7,573	6,977	4,534
	ECO	5,844	13,73	9,931	17,27	8,474	8,545	4,497	4,191
EMISIONES DE CO ₂ (g/km)	NON-ECO	97,49	236,2	270,6	361,2	259,2	227,8	218,1	139,8
	ECO	177,7	424,9	307,2	534,0	261,5	268,2	140,4	128,2

Tabla 10. Consumos y estimación de emisiones en las micro rutas seleccionadas

Los resultados de los micro viajes muestran que la conducción ecológica es más eficaz en carreteras menos congestionadas y con mayor capacidad (variante e interurbana). Las vías urbanas que sufren más congestión de tráfico (local y colector) no son efectivas para ahorrar consumo de combustible y emisiones de CO₂ en modo eco. La perimetral por su carácter mixto urbano y periurbano no deja claro el beneficio de la conducción ecológica sobre ella. Por lo tanto, sería bueno que el conductor profesional eligiera las rutas menos congestionadas y de mayor capacidad para que la conducción ecológica sea más efectiva.

Coloma et al en Cáceres (2017) y posteriormente Yang et al en Madrid (2018), obtuvieron resultados similares a los encontrados en esta investigación, ya que el ahorro de combustible aumentó con la capacidad de la carretera. Sin embargo, también hay otros estudios (Perez-Prada y Monzón, 2017) que muestran que las carreteras de alta capacidad pero congestionadas no son eficientes con la conducción ecológica.

3.3. Encuestas

La tabla 11 recoge el resultado de las encuestas realizadas después de la conducción.

PREGUNTAS	MODO	Nº	RESPUESTAS							
			1	2	3	4	5	6	7	
EL MANEJO LE HA RESULTADO: FÁCIL (1) – DIFÍCIL (7)	NON-ECO	18	1	5	1	1	1	0	0	0
	ECO	15	1	5	0	0	0	0	0	0
EL ENTORNO DE CONDUCCIÓN ERA: FÁCIL (1) – DIFÍCIL (7)	NON-ECO	18	1	2	2	3	1	0	0	0
	ECO	15	1	0	4	1	0	0	0	0
DURANTE LA CONDUCCIÓN ESTABAS: ABURRIDO (1) - ENTRETENIDO (7)	NON-ECO	18	3	1	1	1	2	8	2	
	ECO	15	3	0	1	0	0	6	5	
DURANTE LA CONDUCCIÓN ESTABAS: RELAJADO (1) - ESTRESADO (7)	NON-ECO	18	5	8	1	3	1	0	0	
	ECO	15	6	5	1	0	0	1	2	

Tabla 11. Encuesta realizada a los conductores en todos los viajes registrados

La mayoría de los conductores (15 de 18) consideran que conducir es fácil. Esto es lógico ya que son conductores profesionales. Por otro lado, las condiciones de conducción también han sido “fáciles”, lo que significa que la congestión del tráfico y otros agentes externos no han afectado la forma de conducir de los conductores profesionales.

Finalmente, se ha aclarado si el modo de conducción estresa al conductor profesional. Los resultados muestran que la mayoría de los conductores (13 de 15) estaban relajados durante ambos modos de conducción, lo que significa que la conducción ecológica no aumenta su estrés. Sin embargo, la necesidad de realizar una entrega en un tiempo determinado hace estresar al conductor profesional y es muy difícil modificar su estilo de conducción para aplicar técnicas de conducción ecológica. García et al (2018) en su experimento observaron que los conductores no profesionales tampoco aumentaban su nivel de estrés cuando conducían en modo eco. No obstante, la conducción era más eficiente (en ahorro de combustible y emisiones de CO₂) cuando el conductor era más joven, por lo que sería necesario enseñar estas técnicas de conducción desde las escuelas de conducción (Stromberg, 2015).

4. CONCLUSIONES

Los países desarrollados intentan promover una gestión vial eficiente mediante el uso de tecnologías que reducen las emisiones de GEI en las ciudades, implementando modos de conducción para los conductores y decisiones de viaje sostenibles. Las ciudades tienen diferentes métodos para lograr estos objetivos ambientales, pero ninguno puede alcanzarse con éxito sin la cooperación de los conductores. Las políticas medioambientales deben ser aceptadas por el público en general, y algunas de ellas dependen fundamentalmente de su forma de conducir (eco-driving) y de cómo planifican sus viajes (eco-routing). La investigación hasta la fecha sobre conducción ecológica se ha centrado generalmente en las grandes ciudades debido a sus graves problemas de congestión. Sin embargo, las ciudades pequeñas también enfrentan estos problemas y deben ayudar a reducir las emisiones de GEI, que es un objetivo mundial.

En esta investigación se realizó un estudio sobre la efectividad de la conducción ecológica con conductores profesionales en una ciudad pequeña y poco congestionada como es Cáceres. Los resultados obtenidos confirmaron que la conducción ecológica con entrega por mensajería no suele generar ahorro de combustible. Un análisis de micro viajes refleja una tendencia en el ahorro de combustible a medida que aumenta la capacidad de las carreteras. La figura 12 resume las principales conclusiones de esta investigación.

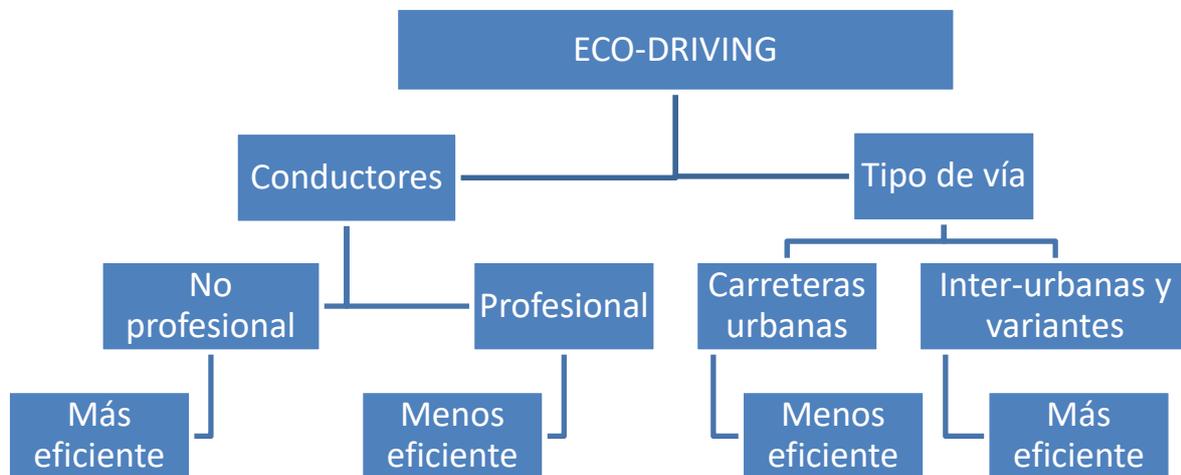


Figure 12. Conclusiones principales de la investigación.

En investigaciones futuras, los efectos de la conducción ecológica en los conductores profesionales podrían estudiarse con incentivos (monetarios y no monetarios), ya que Schall y Mohnen (2015) lograron ahorros de combustible de alrededor del 5% con los conductores de una empresa de flotas que había recibido incentivos. También podrían estudiarse otros tipos de vehículos ampliamente utilizados en el reparto por mensajería, como las motos (Seedam et al., 2017).

Además, también es necesario observar el efecto de la conducción ecológica en los vehículos eléctricos.

Este tipo de estudios requieren modelos teóricos de consumo de energía como la Potencia específica del vehículo (VSP) (Pitanuwat et al., 2020).

FINANCIACIÓN

Este trabajo fue financiado en parte por el Proyecto Nacional de I + D (Ministerio de Economía y Competitividad) en el marco del Proyecto Eco-Traffic “Medición y Modelización de Eco-Driving táctico y operacional”. Ref TRA2016-76485-R (AEI/FEDER, UE).

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la empresa Correos por su ayuda en la toma de datos de la investigación.

REFERENCIAS

ALAM, M.S; MCNABOLA, A. (2014). A critical review and assessment of Eco-Driving policy & technology: Benefits & limitations. *Transport Policy*, 35, pp. 42-49.

ANDRIEU, C.; SAINT PIERRE, G. (2012). Comparing effects of eco-driving training and simple advices on driving behavior. *Procedia-Soc. Behav. Sci.* 54, pp. 211–220

AYUNTAMIENTO DE CÁCERES. (2010). Estudio de Tráfico y Movilidad. Revisión y Adaptación del Plan General Municipal de Cáceres. Disponible en: http://sig.caceres.es/PGM2010/TOMO_VI_EST_TRAFICO/ESTUDIO_DE_TRAFICO_REFUNDIDO.pdf (accedido el 26 Octubre 2020).

AYUNTAMIENTO DE CÁCERES. (2014). Plan de Infraestructuras para la Movilidad Urbana Sostenible. Disponible en: <http://zetaestaticos.com/comun/upload/0/580/580017.pdf> (accedido el 26 Octubre 2020).

BEUSEN, B.; BROEKX, S.; DENYS, T.; BECKX, C.; DEGRAEUWE, B.; GIJSBERS, M.; SCHEEPERS, K.; GOVAERTS, L.; TORFS, R.; PANIS, L.I. (2009). Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 14, pp. 514–520.

COLOMA, J.F.; GARCÍA, M.; WANG Y.; MONZÓN, A. (2017). Green Eco-driving effects in non-congested cities. *Sustainability*, 10(1), p. 28.

COLOMA, J.F.; GARCÍA, M.; WANG, Y. (2018). Eco-driving effects depending on the travelled road. Correlation between fuel consumption parameters. *Transportation research procedia*, 33, 259-266.

COLOMA, J.F.; GARCIA, M.; WANG, Y.; MONZON, A. (2019). Environmental Strategies for Selecting Eco-Routing in a Small City. *Atmosphere*, 10(8), p.448.

COLOMA, J.F.; GARCIA, M.; BOGGIO-MARZET, A.; MONZON, A. (2020). Developing Eco-Driving Strategies considering City Characteristics. *Journal of Advanced Transportation* **2020**, 2020 , pp. 1-13.

CE. COMISIÓN EUROPEA. (2017). COM 676. Proposal for a Regulation of The European Parliament and of The Council setting emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles as part of the Union's integrated approach to reduce CO₂ emissions from light-duty vehicles and amending Regulation (EC) No 715/2007. **2017**. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52017PC0676R%2801%29> (accedido el 28 Octubre 2020).

DEMIR, E.; BEKTAŞ, T.; LAPORTE, G. (2014). A review of recent research on green road freight transportation. *European Journal of Operational Research* , 237(3), pp. 775-793.

DGT. Dirección General de Tráfico. (2019). Parque de vehículos. Disponible en: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/tablas-estadisticas/> (accedido el 26 Octubre 2020).

DHAOU, I. B. (2011). Fuel estimation model for ECO-driving and ECO-routing. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 37-42. Disponible en: https://ieeexplore.ieee.org/iel5/5930385/5940387/05940399.pdf?casa_token=KG5tg6SKWwEAAAAA:uVGZHoqK_AMm6TLQZzbdY322J_qkNS6cRLey3R4b9Hjr0XJvl2Jk5alOm3L_vqbSgZCxN-Ztjdo (acceso 29 Octubre 2020).

EEA. European Environment Agency. (2019). EEA greenhouse gas-data viewer. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer> (accedido el 28 Octubre 2020)

GARCÍA, M.; COLOMA, J.F.; WANG, Y. (2018). Eco-Driving In Small Cities. Driving Performance In Relation To Driver's Profile. *Transportation research procedia*, 33, pp. 267-274.

GARCIA-CASTRO, A.; MONZON, A. (2014). Using floating car data to analyse the effects of its measures and eco-driving. *Sensors*, 14, pp. 21358–21374.

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2011). Conducción eficiente de vehículos industriales. Disponible en: <https://www.idae.es/sites/default/files/publications/online/gce001/index.html> (accedido el 28 Octubre 2020).

KAMAL, M.A.S; MUKAI, M.; MURATA, J.; KAWABE, T. (2012). Model predictive control of vehicles on urban roads for improved fuel economy. *IEEE Transactions on control systems technology* , 21(3), pp. 831-841.

LOIS, D.; WANG, Y.; BOGGIO-MARZET, A.; MONZON, A. (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, pp. 232-242

MITECO. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020a). El sector del transporte. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/transporte.aspx> (accedido el 28 Octubre 2020).

MITECO. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2020b). Emisiones de gases de efecto invernadero de los sectores difusos. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx> (accedido el 28 Octubre 2020).

NU. NACIONES UNIDAS. (2015). Climate Change Conference COP 21. Disponible en: https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_en (accedido el 28 Octubre 2020).

NU. NACIONES UNIDAS. (2019a). Environment programme. Disponible en: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/cut-global-emissions-76-percent-every-year-next-decade-meet-15degc> (accedido el 28 Octubre 2020).

NU. NACIONES UNIDAS. (2019b). Climate Change Conference COP 25. Disponible en: <https://unfccc.int/cop25> (accedido el 28 Octubre 2020).

NGVA. Natural & Bio Gas Vehicle Association. (2017). Europe. Greenhouse Gas Intensity of Natural Gas. Disponible en: https://gasnam.es/wp-content/uploads/2018/10/NGVA-thinkstep_GHG_Intensity_of_NG_Final_Report_v1.0.pdf (accedido el 28 Octubre 2020).

OBD-KEY. (2020). KBM Systems Ltd, London, UK. Disponible en: <http://www.obdkey.com/> (accedido el 28 Octubre 2020).

PÉREZ, P.; MONZÓN, A. (2008). Informe sobre transporte y medio ambiente. Trama. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

PEREZ-PRADA, F.; MONZON, A. (2017). Ex-post environmental and traffic assessment of a speed reduction strategy in Madrid's inner ring-road. *J. Transp. Geogr.* 58, pp. 256–268

PITANUWAT, S.; AOKI, H.; IIZUKA, S.; MORIKAWA, T. (2020). Development of Hybrid-Vehicle Energy-Consumption Model for Transportation Applications—Part I: Driving-Power Equation Development and Coefficient Calibration. *Energies*, 13(2), p. 476.

QGIS. (2020). Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/> (accedido el 26 Octubre 2020).

HUANG, Y.; NG, E.C.Y.; ZHOU, J.L.; SURAWSKI, N.C.; CHAN, E.F.; HONG, G. (2018). Eco-driving technology for sustainable road transport: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, pp. 596–609.

SAITO, A.; UEKI, S.; NAGATOMI, Y.; SAWAZU, N.; TAKADA, Y. (2008). Analysis of CO₂ reduction mechanism by eco-driving with light duty diesel freight vehicle in real traffic conditions. SAE Technical Paper, (No. 2008-01-1304).

SCHALL, D.L.; MOHNEN, A. (2015). Incentives for energy-efficient behavior at the workplace: a natural field experiment on eco-driving in a company fleet. *Energy Procedia*, 75, pp. 2626-2634.

SCHALL, D. L.; WOLF, M., MOHNEN, A. (2016). Do effects of theoretical training and rewards for energy-efficient behavior persist over time and interact? A natural field experiment on eco-driving in a company fleet. *Energy Policy*, 97, pp. 291-300.

SEEDAM, A.; SATHIENAM, T.; RADPUKDEE, T.; SATHIENAM, W.; RATANAVARAHA, V. (2017). “Motorcycle on-road driving parameters influencing fuel consumption and emissions on congested signalized urban corridor”. *Journal of Advanced Transportation*, Article ID 5859789.

SIVAK, M.; SCHOETTLE, B. (2012). Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy. *Transport Policy*, 22, pp. 96-99.

STRÖMBERG, H., KARLSSON, I.M., REXFELT, O. (2015). Eco-driving: Drivers’ understanding of the concept and implications for future interventions. *Transport policy*, 39, pp. 48-54.

UNESCO. United Nations, Educational, Scientific and Cultural Organization. (2020). Disponible en: <http://www.ciudadespatrimonio.org/ciudades/index.php?cd=3> (accedido el 26 Octubre 2020).

USDT. U.S. Department of Transportation. (2013). Highway Functional Classification: Concepts, Criteria and Procedure. Disponible en: https://www.fhwa.dot.gov/planning/processes/statewide/related/highway_functional_classifications/fcauab.pdf (accedido el 26 Octubre 2020).

WANG, Y.; BOGGIO-MARZET, A. (2018). Evaluation of Eco-Driving Training for Fuel Efficiency and Emissions Reduction According to Road Type. *Sustainability*, 10(11), p. 3891.

ZARKADOULA, M.; ZOIDIS, G.; TRITOPOULOU, E. (2007). Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(6), pp. 449-451.