



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO INDUSTRIAL

ANÁLISIS DE LOS FLUJOS ENERGÉTICOS, MEDIOAMBIENTALES Y ECONÓMICOS DEL SECTOR TRANSPORTE EN ESPAÑA

Autor: Roberto Puente Aranda
Director: Pedro Linares Llamas

Madrid
24 Agosto 2018

Roberto
Puente
Aranda

**ANÁLISIS DE LOS FLUJOS ENERGÉTICOS, MEDIOAMBIENTALES Y ECONÓMICOS
DEL SECTOR TRANSPORTE EN ESPAÑA**



AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Roberto Puente Aranda DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: “Análisis de los flujos energéticos, medioambientales y económicos del sector transporte en España” que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.

- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 19 de Agosto de 2018

ACEPTA

Fdo.: 

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Análisis de los flujos energéticos, medioambientales y económicos del
sector transporte en España
en la ETS de Ingeniería – ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2017/2018 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Roberto Puente Aranda Fecha: 24/ 08/ 2018

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Pedro Linares Llamas

Fecha: 24/ 08/ 2018

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Las sociedades actuales se enfrentan al reto de alcanzar un modelo de crecimiento y transición energética sostenible desde la generación hasta el consumo. El consumo energético de países como China e India ha sobrepasado a potencias mundiales como Estados Unidos, Rusia o Japón. Estos cinco países y Europa suponen un 51% de la población mundial total, 65% del PIB global y hasta un 67% de la energía primaria total consumida a nivel mundial

Analizando el consumo final de energía mundial, si bien el sector industria mantiene un papel predominante como principal consumidor energético, el transporte adquiere una posición más relevante, llegando a representar casi un tercio del consumo final de energía para el año 2015. El sector transporte tiene un peso ineludible sobre el consumo de combustibles fósiles y, por tanto, de emisiones contribuyentes al efecto invernadero a nivel mundial. Además, es un sector con una clara proyección de crecimiento no solo en países desarrollados sino también en países emergentes como China o India, cuyas tendencias de consumo de combustibles fósiles han sido alcistas durante las últimas décadas. Tiene sentido, pues, proponer soluciones sostenibles que estén enfocadas a optimizar el sector transporte y conseguir desvincular su consumo energético, así como sus emisiones, de manera absoluta o relativa del crecimiento económico, siempre considerando las implicaciones económicas y sociales que conlleva.

De manera más concreta, en España, el sector transporte juega un papel fundamental en la transición hacia un modelo energético sostenible (40,1% del consumo de energía final en España corresponde al sector transporte, así como el 26,3% de las emisiones totales de CO₂), además como país participante en el Acuerdo de París (COP 21) tiene la obligación de evaluar de manera crítica la situación de dicho sector económico.

Desde un punto de vista económico, el transporte aporta un 4.3% del VAB a precios corrientes, da empleo al 4.95% de los trabajadores asalariados y un 5.73% de las empresas españolas desarrollan su actividad en este sector económico. Un análisis desagregado permite detectar la importancia del *transporte terrestre* contribuyendo a generar el 49% de la producción del sector transporte, seguido del *sector almacenamiento y actividades anexas al transporte* con un 37%.

En todo momento, hay que considerar que este transporte terrestre presenta una *dimensión económica* (competitividad económica de los modos de transporte urbano manteniendo altas eficiencias energéticas), una *dimensión social* (se debe garantizar un desarrollo demográfico equitativo e integrado que facilite la accesibilidad y habitabilidad en esos núcleos urbanos) y por último una *dimensión ambiental* (reducción de la contaminación atmosférica en todas sus formas ya sea mediante la reducción de GEI y otras emisiones contaminantes, del ruido o del impacto sobre el ecosistema en el que se desarrollaran las infraestructuras).

En este contexto, el TFM tiene como objetivo analizar los flujos energéticos, medioambientales y económicos del transporte en España en aras de cuantificar la aportación del sector. Dado que, como ya se ha indicado, casi una tercera parte del valor añadido económico del sector proviene del transporte terrestre y, dadas las limitaciones de espacio, es en este tipo de transporte donde se ubica el estudio.

METODOLOGÍA

El alto impacto económico del sector transporte a nivel nacional deriva en una demanda creciente de movilidad que debe ser satisfecha para así responder a las necesidades económicas y sociales del país desde una perspectiva sostenible. Los flujos actuales de transporte tanto a nivel urbano como interurbano muestran una alta complejidad de la demanda en términos de número de viajeros, tipos de servicios, destinos y horarios.

Por lo tanto, la metodología utilizada radica en sistematizar, en primer lugar, los patrones de demanda de los servicios de transporte existentes actualmente por tipología y modos para, posteriormente, cuantificar dicha demanda – kilómetros, pasajeros-kilómetro y toneladas-kilómetro por modo de transporte al año en España-. En tercer lugar, será necesario conocer el combustible y los gases de efecto invernadero emitidos por cada modo de transporte. Finalmente, con la cuantificación de la demanda y las características medioambientales de la misma se podrá determinar los flujos energéticos, medioambientales y económicos que el transporte genera en España.

En este contexto, se tendrá en cuenta las características de la flota de vehículos, tanto públicos como privados, utilizados para hacer frente a la demanda (antigüedad, tecnología utilizada, etc.). Para la estimación económica de la energía consumida por el sector transporte en España se ha partido de los datos obtenidos de consumos de combustible en los diferentes tipos y modos de transporte. Una vez conseguido el desglose de los flujos energéticos y medioambientales se procederá a contrastar la robustez de las estimaciones y cálculos realizados mediante la comparación con otras fuentes.

Para conseguir homogeneizar datos, ha sido necesario la sistematización del transporte terrestre permitiendo distinguir entre urbano e interurbano destinado a viajeros o mercancías; a su vez en cada modo de transporte se ha clasificado por carretera (coche, moto, bus, taxi, camión, etc.) y ferroviario (metro, tren cercanías, tren, tranvía, tren de alta velocidad, etc.).

Las principales limitaciones que ha afrontado este trabajo ha sido la carencia de datos, tanto en términos de demanda como de desglose de la tecnología de algunos modos de transporte. Mientras que los datos sobre eficiencia energética de los diferentes vehículos privados (turismos) cada vez están más actualizados y son más accesibles debido a la conciencia social sobre el impacto medioambiental del transporte, encontrar fuentes fiables de la demanda de movilidad es mucho más complejo. Lo cierto es que conocer los consumos de cada medio de transporte sin entender los patrones de demanda

de los mismos no ayuda a realizar una comparación en términos energéticos de los diferentes modos.

En términos de demanda no existen fuentes actualizadas y contrastadas que presenten datos del transporte urbano privado para todo el territorio nacional. Únicamente existen encuestas realizadas durante diferentes franjas temporales de un total de siete áreas metropolitanas. Además, dichas encuestas no diferencian la demanda entre el núcleo urbano y la corona periférica. El alcance también es limitado, debido a que estos estudios se han realizado en las principales capitales de provincia, cuya superficie y oferta de transporte público difiere notablemente con respecto a capitales de provincia de menor tamaño. Estas diferencias provocan comportamientos de movilidad que no pueden ser extrapolados tan fácilmente al resto de áreas metropolitanas.

Para el transporte urbano público de viajeros sí que se conoce la demanda del modo ferroviario, pero aparecen carencias notables cuando se analiza la demanda del autobús. Nuevamente, los consorcios regionales de transporte público o bien no participan en el informe realizado por el Observatorio de Movilidad Metropolitana, o bien proveen datos incompletos, siendo por tanto imposible diferenciar entre el autobús puramente urbano que circula en el núcleo de la ciudad y el autobús metropolitano que comunica el núcleo con la corona periférica. Dejando aparte la demanda, no se conoce exactamente la flota de autobuses en todas las áreas metropolitanas, lo que hace imposible determinar el desglose exacto de tecnologías cuando se quiere evaluar su consumo energético.

Algo semejante ocurre con el transporte urbano de mercancías. En este caso no se conoce la demanda exacta de mercancías por ocupación media de cada vehículo, haciéndose necesario aproximar mediante una ponderación del tonelaje medio por vehículo, tal y como se ha explicado en el capítulo correspondiente.

Para el transporte privado de pasajeros a nivel interurbano, el reparto de kilómetros según la edad media del vehículo posiblemente no refleje perfectamente la realidad de este modo, pero es la única forma de tener en cuenta cómo ha evolucionado la eficiencia energética de los turismos y el impacto sobre el consumo energético final que tiene la envejecida flota de vehículos en España.

A pesar de estas limitaciones estadísticas, en la **tabla 1** se recogen las principales fuentes de consulta utilizadas a lo largo del trabajo.

RESULTADOS

El análisis realizado ha permitido comprobar que el transporte urbano representa aproximadamente el 29% del total de la demanda que se realiza en España y que el mayor desplazamiento de viajeros a nivel urbano se realiza en medios privados (aproximadamente el 28%).

En términos energéticos, el estudio ha contribuido a evidenciar que es el transporte interurbano de viajeros en coche el que realiza el mayor gasto de combustible y por tanto el mayor gasto económico (Véase figura 2). Así, entre los resultados del análisis realizado destaca que el gasto monetario en energía del sector transporte, tanto de viajeros como de mercancías, durante el año 2015 ha ascendido a 26.539,05 millones de euros. El coste de la energía consumida en el transporte de viajeros fue de 18.905,92 millones de euros, representando un 71,2 % del coste de la energía total consumida por el sector transporte. El coste de la energía consumida en el transporte de mercancías fue de 7.633,13 Millones de euros, que representa un 28,8 % del coste de la energía total consumida. Haciendo un análisis del coste de la energía consumida en el sector transporte, por modos, se observa que el coste de operación por consumo en carretera, tanto en viajeros como en mercancías, para el año 2015, fue de 26.242,53 Millones de euros; es decir un 98 % del coste total, siendo el coste generado por el ferrocarril de 296,51 Millones de euros; es decir, tan sólo un 2% del coste total.

Asimismo, entre los resultados se observa que existe una correlación directa entre el consumo energético y económico y las emisiones de CO₂. Como se puede observar en la figura 3, es el transporte interurbano de viajeros en coche el modo de transporte que más impacto ambiental causa (aproximadamente el 47% de emisiones de CO₂ sobre el total), seguido del transporte interurbano de mercancías por carretera (alrededor del 31%) y del transporte urbano de viajeros en coche (algo más del 15%).

CONCLUSIONES

El estudio realizado ha permitido conocer la realidad medioambiental y económica del transporte en España obteniendo resultados coherentes si se comparan con otras fuentes.

En primer lugar, existe una demanda creciente de movilidad tanto de viajeros como de mercancías satisfecha en su gran mayoría por vehículos propios (algo más del 97% del transporte terrestre de viajeros se realiza con este tipo de medio). En segundo lugar, la tecnología predominante en España para vehículos terrestres es la motorización diésel y gasolina lo que conlleva efectos medioambientales importantes (el 91% de los kilómetros que se realizan utiliza el transporte terrestre y, sin embargo, el 98% de las emisiones de CO₂ corresponden a este modo de transporte). En el lado contrario, se ha podido observar los menores efectos medioambientales y el menor coste económico del transporte ferroviario. Además, en el transporte de mercancías resulta especialmente llamativo los elevados costes energéticos, medioambientales y económicos del transporte del modo carretera.

Se podría concluir que es innegable que el sector transporte en España necesita de una transición energética. La quema de combustibles fósiles debe limitarse, aunque sea de manera progresiva, a aquellos sectores e industrias para los que o bien no existe alternativa, o bien ésta es inasumible por su coste actual. Elementos como el impulso, a través de políticas públicas, al transporte ferroviario, a la introducción de nuevas

tecnologías menos contaminantes en el transporte por carretera (coche eléctrico, camión a gas, camión ligero eléctrico, etc) o a las iniciativas de I+D+i en este sector constituirían buenos instrumentos para conseguir esta transición energética.

FUENTE DE DATOS CONSULTADA	DATOS EXTRAÍDOS
AUTOBÚS URBANO Y METROPOLITANO EN ESPAÑA	
OTLE (urbano capital, otros urbanos y metropolitano). Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=463	Número de líneas de autobús por área metropolitana y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano)
OTLE (articulado, microbús y estándar) y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano). Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=464	Material móvil (autobuses urbanos capital y metropolitano) existentes
OTLE. Transporte (millones viajeros-km) y millones viajes línea. Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=466	Demanda transporte (viajeros-km y millones viaje-línea) por ciudad y ámbito (urbano, otros urbano y metropolitano)
OTLE Oferta y demanda (plazas-kilómetro, vehículos-kilómetro, viajeros-kilómetro y viajes-línea) por área metropolitana y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano) Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=467	Oferta y demanda (plazas-kilómetro, vehículos-kilómetro, viajeros-kilómetro y viajes-línea) por área metropolitana y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano)
METRO TRANVÍA Y METRO LIGERO EN ESPAÑA	
OTLE (urbano capital, otros urbanos y metropolitano). Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=470	Oferta y demanda (plazas-kilómetro, vehículos-kilómetro, viajes-red, viajeros-kilómetro y recorrido medio) por área metropolitana y tipo de transporte ferroviario (metro y tranvía/metro ligero)
Observatorio de la movilidad metropolitana. Años disponibles: 2003-2015	Distancia media por viaje: 5,9 km/metro y 4,2 km/ tranvía y metro ligero
CERCANÍAS OPERADOR RENFE	
OTLE Transporte ferroviario de viajeros (viajeros y viajeros-kilómetro) por tipo de servicio. Años disponibles: 2003-2016 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=434	Demanda (miles de viajeros y millones de viajeros-km) total media y larga incluidas (no hay desglose por provincias)
Ministerio de Fomento. Renfe Operadora. Cercanías. Años disponibles: 2013-2017 http://www.fomento.gob.es/BE/?nivel=2&orden=07000000	Demanda (millones de viajeros-km) en Madrid, Barcelona, Urbano e Interurbano (no incluye otros núcleos operados por Renfe)
OTLE: Transporte ferroviario de viajeros (viajeros, viajeros-kilómetro, recorrido medio viajero, aprovechamiento y viajeros por tren) de cercanías por operador. Años disponibles: 2010-2016 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=296	Demanda (viajeros-km/ recorrido medio viajero/ aprovechamiento/ viajero por tren/ viajeros totales) por operador: Renfe Cercanías, Renfe Métrica, FGC, Euskotren
Observatorio del ferrocarril en España. Página 129. Años disponibles: 2009-2015 https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/2D6FF366-18BE-4D71-9C0B-DFA456575AFB/142179/Informe_OFE2015.pdf	Demanda (miles de viajeros en áreas explotadas por Renfe cercanías)
INECO: Revisión de los servicios ferroviarios de viajeros declarados como Obligación de Servicio Público. Página. 271. Año disponible: 2015 https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/B3B646F0-7BDF-46CC-869A-C01FFFD88EDD/148034/EstudioOSP2017.pdf	Demanda servicios ferroviarios cercanías en 2015 (miles de viajeros y viajeros-km en núcleos operados por Renfe: Madrid, Asturias, Santander, Bilbao, San Sebastian, Sevilla, Málaga, Cádiz, Valencia, Murcia-Alicante y Zaragoza).
Observatorio del ferrocarril en España 2016. Página 123. Años disponibles: 2009-2016. https://www.vialibre-ffe.com/pdf/Informe_OFE2016.pdf	Demanda servicio cercanías Renfe en 2016 (miles de viajeros) en núcleos operados por Renfe: Barcelona, Bilbao, Valencia, Sevilla, Asturias, Santander, San Sebastián, Zaragoza, Murcia-Alicante, Cádiz y Málaga
TRANSPORTE PÚBLICO EN TAXI	
Vectio. Estudio del servicio de Taxi en Madrid. Ayuntamiento de Madrid: Años disponibles: 2007 y 2016 http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidadTransportes/TAXI/Ficheros/Otros/Ayto%20Madrid%20%20C2%B7%20Estudio%20del%20Servicio%20del%20Taxi.pdf	Distribución flota de vehículos taxi Madrid según combustible Ratio licencias de taxi/habitante Recorrido medio por viaje Número medio de carreras/día Ocupación persona/carrera
Gesman. Ingeniería de Gestion S.L. Encuesta de la situación del Taxi en la APC de Valencia http://www.habitatge.gva.es/documents/20081096/163968245/Estudio+sector+del+taxi+APC+Val%3%A8ncia/48a3838e-35db-4e5d-b789-3c7e8b3a0e46	Recorrido medio por viaje Número medio de carreras/día
Instituto Nacional de Estadística (INE)/Servicios/Transporte/Estadística del taxi: Años disponibles: 2006-2017 http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t10/p109/10/&file=00001.px&L=0	Material móvil: número de turismos de servicio público por comunidad autónoma
TRANSPORTE INTERURBANO PÚBLICO (AUTOBÚS)	

OTLE. Transporte de viajeros por carretera (viajeros-kilómetro) por tipo de vehículo. Años disponibles: 2000-2016 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=432	Demanda (millones de viajeros-km)
OTLE. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (vehículos-kilómetro) por clase y tipo de vehículo. Años disponibles: 2009-2016 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=606	Oferta (vehículos-km)
TRANSPORTE INTERURBANO PÚBLICO (LARGA DISTANCIA)	
OTLE. Transporte ferroviario de viajeros (viajeros, viajeros-kilómetro, recorrido medio viajero, aprovechamiento, viajeros por tren y porcentaje de ocupación) de larga distancia convencional y alta velocidad comercial. Años disponibles: 1993-2016 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=432	Demanda (viajeros, millones de viajeros-km, recorrido medio-viajero, aprovechamiento, viajeros por tren, porcentaje ocupación)
TRANSPORTE INTERURBANO PÚBLICO (MEDIA DISTANCIA)	
Transporte ferroviario de viajeros (viajeros, viajeros-kilómetro, recorrido medio viajero, aprovechamiento y viajeros por tren) de media distancia por tipo de producto Años disponibles: 1993-2016 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=290	Demanda (viajeros, millones de viajeros-km, recorrido medio-viajero, aprovechamiento, viajeros por tren, porcentaje ocupación) por tipo de producto (Media distancia convencional, Media distancia alta velocidad, Renfe métrica media distancia)
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR CARRETERA	
Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera 2018. Oferta y demanda Vehículos autorizados por comunidad autónoma. Página 40. Años disponibles: 2000-2016 https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/CD6BCD8F-0642-40D0-A6FC-B47C2C1E88FD/147596/ObservatorioMercanciasenero2018.pdf	Vehículos autorizados. Distribución por CC.AA. (01-01-2018)
OTLE. Transporte de mercancías por carretera (toneladas-km) por titularidad de la vía. Años disponibles: 2002-2016 http://observatoriortransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=266	Demanda (toneladas-km) a nivel intermunicipal
Encuesta permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2017. Años disponibles: 2015-2017. https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/C5238102-5E9D-4B33-A685-EF218D357B96/148651/EPTMC2017Texto.pdf	Toneladas transportadas por tipo de servicio (intra municipal, inter-regional, internacional) y por capacidad vehículo pesado
TRANSPORTE DE MERCANCÍAS POR FERROCARRIL	
OFE (Observatorio del ferrocarril) 2016. Página 154. <i>Años disponibles</i> 2006-2016.	Miles de toneladas netas transportadas, recorrido medio de la tonelada (km) y kilómetros recorridos por empresa
OTRAS FUENTES ESTADÍSTICAS CONSULTADAS	
IDAE. Cálculo de consumo energético de los trenes. Recuperado de: http://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/bases-de-datos-y-herramientas Ministerio de Agricultura Y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Informe Resumen Edición 1990-2016”. 2018. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumeninventarioge_i_tcm30-444543.pdf Informe anual de 2016 y 2017 del Observatorio del transporte y la logística de España Instituto Nacional de Estadística (INE) “Áreas Metropolitanas Funcionales”	

Tabla 1: Fuente de datos consultada
Fuente: Elaboración propia a partir de fuentes de datos consultadas

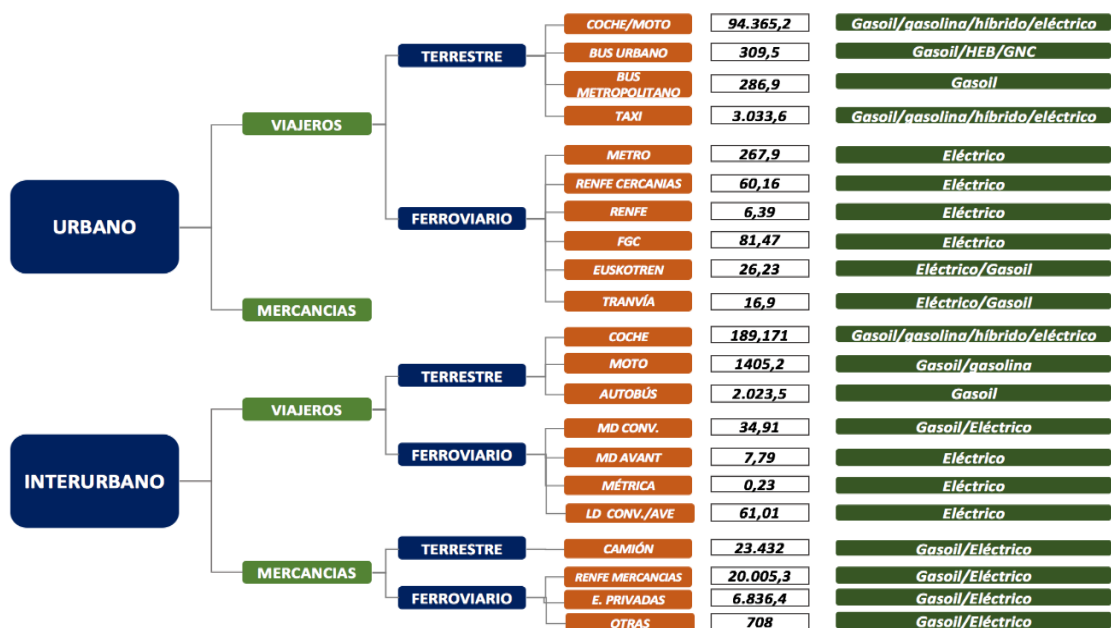


Figura 1 Desglose millones de kilómetros recorridos en los diferentes modos del sector transporte
Fuente: Elaboración propia

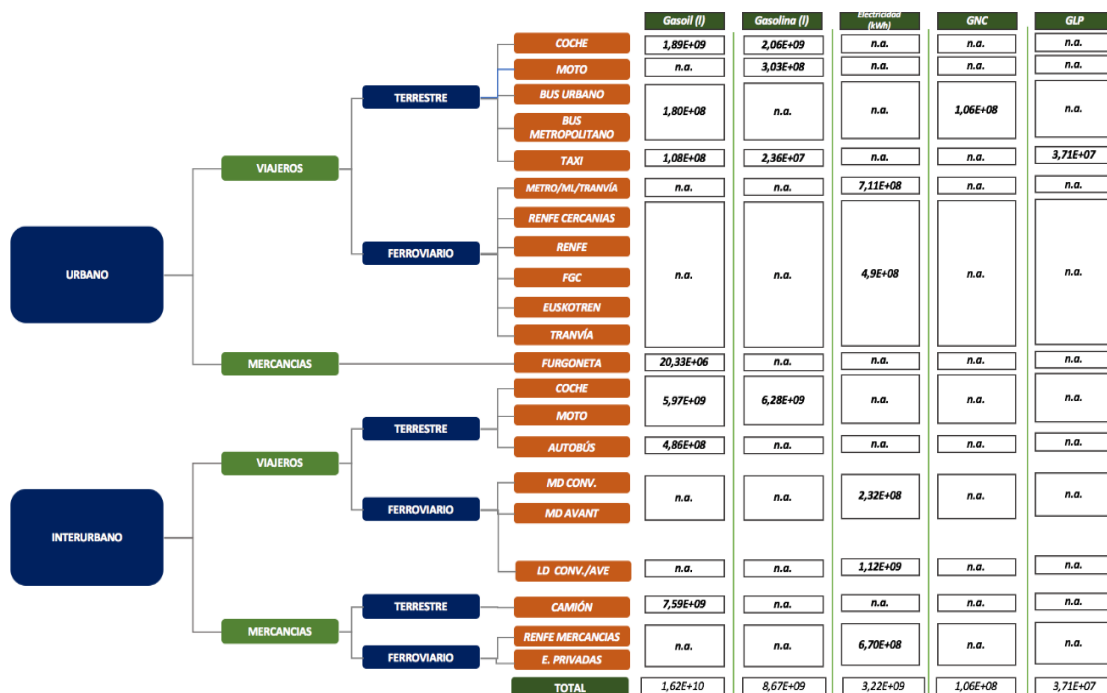


Figura 2 Desglose consumo combustibles y flujos energéticos por modo de transporte
Fuente: Elaboración propia a partir de kilómetro recorridos y consumo medio por modo

			J	tCO ₂	kg CO ₂	
URBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE	1,31E+17	3,14E+06	9,37E+09
			MOTO	9,24E+09	2,21E-01	6,67E+02
			BUS URBANO	7,4E+15	1,8E+05	7,43E+08
			BUS METROPOLITANO			
			TAXI	6,09E+15	1,44E+05	1,43E+08
			METRO/ML/TRANVÍA	2,56E+15	6,12E+04	2,06E+08
	FERROVIARIO	RENFE CERCANIAS				
		RENFE				
		FGC	1,8E+15	4,2E+04	1,4E+08	
		EUSKOTREN				
		TRANVÍA				
		FURGONETA	7,34E+14	1,75E+04	5,17E+07	
INTERURBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE	4,08E+17	9,74E+06	2,90E+10
			MOTO			
			AUTOBÚS	1,76E+16	4,20E+05	1,24E+09
		FERROVIARIO	MD CONV.	8,34E+14	1,99E+04	6,72E+07
			MD AVANT			
			LD CONV./AVE	4,05E+15	9,67E+04	3,26E+08
	MERCANCIAS	TERRESTRE	CAMIÓN	2,75E+17	6,75E+06	1,93E+10
			RENFE MERCANCIAS	2,41E+15	5,76E+04	1,94E+08
		FERROVIARIO	E. PRIVADAS			
			TOTAL	8,57E+17	2,07E+07	6,08E+10

Figura 3 Desglose consumos energéticos y emisiones por modo de transporte
Fuente: Elaboración propia a partir de consumos energéticos y emisiones medias

INTRODUCTION

Nowadays societies face the challenge of achieving a sustainable growth model and energy transition, from generation to consumption. The energy consumption of countries such as China and India has surpassed world powers such as the United States, Russia, Japan. These five countries together with Europe account for 51% of the total world population, 65% of global GDP and up to 67% of the total primary energy consumed worldwide.

When analyzing the final energy consumption worldwide, although the industrial sector maintains a predominant role as the main energy consumer, transport acquires a relevant position. This sector reached almost a third of the final consumption of energy in 2015. The transport sector has a significant weight on the consumption of fossil fuels and emissions that contribute to the greenhouse effect at a global level. Furthermore, it is a sector with a clear growth projection not only in developed countries but also in emerging ones such as China and India, whose fossil fuel consumption trend have been rising over the last decades. Therefore, it makes sense to propose sustainable solutions that are focused on optimizing the transport sector and decoupling its energy consumption and emissions, either absolutely or relatively, from economic growth, always considering the economic and social implications.

In Spain, transport sector plays a fundamental role in the transition towards a sustainable energy model (40.1% of final energy consumption in Spain is linked to the transport sector, as well as 26.3% of total CO₂ emissions), and as a country participating in the Paris Agreement (COP 21) it has the obligation to critically evaluate the situation of this strategic sector.

From an economic point of view, transport contributed to 4.3% of GVA at current prices, employs 4.95% of salaried workers and 5.73% of Spanish companies carried out their activity in this economic sector in 2016. A disaggregated analysis makes it possible to detect the importance of land transport, contributing to generating 49% of the production of the transport sector, followed by the storage sector and activities related to transport with 37%.

At all times, ground transportation must be considered to have an economic dimension (economic competitiveness of urban transport modes while maintaining high energy efficiency), a social dimension (equitable and integrated demographic development must be guaranteed to facilitate accessibility and habitability in these urban centres) and finally an environmental dimension (reduction of air pollution in all its forms, whether through the reduction of greenhouse gases and other polluting emissions, noise or the impact on the ecosystem in which infrastructures are developed).

In this context, the TFM aims to analyse the energy, environmental and economic flows of transport in Spain to quantify the contribution of the sector. Given that, as already indicated, almost a third of the economic added value of the sector comes from ground transportation and, given the limitations of space, it is in this type of transport where the study is focused.

METHODOLOGY

The high economic impact of the transport sector at the national level results in a growing demand for mobility that must be satisfied to respond to the country's economic and social needs from a sustainable perspective. Current transport flows at both urban and interurban level show a high complexity of demand in terms of number of passengers, types of services, destinations and timetables.

Therefore, the methodology used is to systematize, firstly, the demand patterns for existing transport services by type and mode, and then quantify this demand - kilometres, passenger-kilometres and tonne-kilometres per mode of transport per year in Spain. Thirdly, it will be necessary to know the fuel and greenhouse gases for each type of transport. Finally, by quantifying the demand and its environmental characteristics, it will be possible to determine the energy, environmental and economic flows generated by transport in Spain.

In this context, the characteristics of the fleet of vehicles, both public and private, used to meet demand (age, technology used, etc.) shall be considered. For the economic estimation of the energy consumed by the transport sector in Spain, the data obtained from fuel consumption in the different types and modes of transport were used. Once the breakdown of energy and environmental flows has been achieved, the robustness of the estimates and calculations made by comparison with other sources will be checked.

To standardize data, it has been necessary to systematize land transport to distinguish between urban and interurban transport for passengers or freight in turn, each mode of transport has been classified by road (car, motorcycle, bus, taxi, lorry, etc.) and rail (metro, suburban train, Renfe, tram, etc.).

The main constraints faced by this work were the lack of data, both in terms of demand and in terms of technology breakdown for some modes of transport. While data on the energy efficiency of different private vehicles (passenger cars) are becoming more and more up-to-date and accessible due to social awareness of the environmental impact of transport, finding reliable sources of mobility demand is much more complex. The truth is that knowing the consumption of each transport mode without understanding the patterns of demand for them does not help to make a comparison in energy terms of the different modes.

In terms of demand, there are no updated and contrasted sources that present data on private urban transport for the entire national territory. There are only surveys conducted over different time bands in a total of seven metropolitan areas. Moreover, these surveys do not differentiate the demand between the urban area and the peripheral area. The scope is also

limited, since these studies have been carried out in the main provincial capitals, whose surface area and public transport offer differ considerably from that of the smaller provincial capitals. These differences lead to mobility behaviours that cannot be so easily extrapolated to other metropolitan areas.

For public urban passenger transport, the demand for rail transport is known, but there are significant shortcomings when analysing bus demand. Again, regional public transport consortia either do not participate in the WMO report or provide incomplete data, making it impossible to differentiate between the purely urban bus that runs in the city centre and the metropolitan bus that links the centre to the outskirts. Apart from demand, the bus fleet in all metropolitan areas is not exactly known, making it impossible to determine the exact breakdown of technologies when assessing their energy consumption.

Something similar happens with urban freight transport. In this case, the exact freight transport demand by average occupancy of each vehicle is not known and it is necessary to approximate it by weighting the average tonnage per vehicle, as explained in the corresponding chapter.

For private intercity passenger transport, the distribution of kilometres according to the average age of the vehicle may not perfectly reflect the reality in this way, but it is the only way to consider how the energy efficiency of passenger cars has evolved and the impact on final energy consumption of the ageing fleet of vehicles in Spain.

Despite these statistical limitations, the main sources of data are shown in Table 1.

RESULTS

The analysis made it possible to verify that urban transport represents approximately 29% of the total demand in Spain and that the largest number of passengers travelling in urban areas is carried out in private means (approximately 28%). Of the rest of the total kilometres travelled, 71% correspond to interurban transport, with the interurban passenger car mode carrying the most kilometres (around 55%), followed by interurban freight transport by train and land (approximately 8% and 7% respectively of the total) (See figure 1).

In energy terms, the study has contributed to the evidence that it is the interurban transport of passengers by car that makes the greatest expenditure on fuel and therefore the greatest economic expenditure (See figure 2). Thus, among the results of the analysis carried out, it is worth noting that energy expenditure in the transport sector, both for passengers and for goods, during the year 2015 amounted to 26,539.05 million euros. The cost of energy consumed in passenger transport was 18,905.92 million euros, representing 71.2% of the total energy consumed. The cost of energy consumed in freight transport was 7,633.13 million euros, which represents 28.8% of the total energy consumed. An analysis of the cost of energy consumed in the transport sector, by mode, shows that the operating cost of consumption on the road, in both passengers and goods, for the year 2015, was 26,242.53 million euros, i.e. 98% of the total cost, with the cost generated by the railway being 296.51 million euros, i.e. only 2% of the total cost.

The results also show a direct correlation between energy and economic consumption and CO₂ emissions. As can be seen in Figure 3, interurban passenger transport by car is the mode of transport that causes the greatest environmental impact (approximately 47% of CO₂ emissions out of the total), followed by interurban freight transport by road (approximately 31%) and urban passenger transport by car (slightly more than 15%).

CONCLUSIONS

The study carried out made it possible to ascertain the environmental and economic reality of transport in Spain, obtaining consistent results when compared with other sources.

Firstly, there is a growing demand for both passenger and freight mobility, the vast majority of which is met by own vehicles (just over 97% of land passenger transport is carried out by this type of means). Secondly, the predominant technology in Spain for land vehicles is diesel and petrol motorisation, which has significant environmental effects (91% of the kilometres travelled are used for land transport and, nevertheless, 98% of CO₂ emissions correspond to this mode of transport). On the other hand, the lower environmental effects and economic cost of rail transport have been observed. In addition, the high energy, environmental and economic costs of road transport are particularly striking in freight transport.

It could be concluded that it is undeniable that the transport sector in Spain needs an energy transition. The burning of fossil fuels must be limited, albeit progressively, to those sectors and industries for which either an alternative exists or is unaffordable because of its current cost. Elements such as the promotion, through public policies, of rail transport, the introduction of new, less polluting technologies in road transport (electric cars, gas trucks, electric light trucks, etc.) or R&D&I initiatives in this sector would be good instruments for achieving this energy transition.

PALABRAS CLAVE

ACEA: European Automobile Manufacturers Association

ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones

ANIACAM: Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas

APC: Área de Prestación Conjunta

AUDES: Áreas Urbanas España 2017

BEV: Battery Electric Vehicle

COP 21: Conferencia 21 de las partes de Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

EIA: Energy Information Administration

GASNAM: Asociación Ibérica del Gas Natural para la Movilidad

GEI: Gases Efecto Invernadero

GNC: Gas Natural Comprimido

GNL: Gas Natural Licuado

Gt: Giga toneladas

HEV: Hybrid Electric Vehicle

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

IEA: International Energy Agency

INE: Instituto Nacional de Estadística

j: julio

kwh: kilowatio hora

Mapama: Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente

mb/día: Millones de barriles de petróleo al día

Mt: Mega toneladas.

Mtep: Mega toneladas equivalentes de petróleo

OFE: observatorio del ferrocarril

OMM: Observatorio de Movilidad Metropolitana

OMM17: Observatorio de Movilidad Metropolitana 2017

OTLE: Observatorio del Transporte y la Logística en España

PAH: Hidrocarburo Policíclico Aromático

PHEV: Plug in Hybrid Electric Vehicle

PM₁₀: Partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 micras.

PM_{2,5}: Partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento ó polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro es inferior a 2,5 micras.

REE: Red Eléctrica Española

REEV: Range Extender Electric Vehicle

TCAC: Tasa de Crecimiento Anual Compuesto

tep: Toneladas equivalentes de petróleo

VAB: Valor Añadido Bruto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PALABRAS CLAVE	18
CAPÍTULO 1. Introducción	27
1.1. Antecedentes y motivación	27
CAPÍTULO 2. El sector transporte a nivel nacional	33
2.1. Contribución del sector transporte a la economía.....	37
CAPÍTULO 3. Estudio del transporte de viajeros terrestre a nivel urbano	48
3.1. Definición de transporte urbano de viajeros y sus modos	48
3.2. Datos disponibles por modo de transporte público urbano de viajeros	48
3.2.1. Transporte público urbano de viajeros.....	51
3.2.2. Transporte urbano público ferroviario: Metro/Tranvía/Metro Ligerio	51
3.2.3. Transporte público urbano: Cercanías Renfe.....	52
3.2.4. Transporte público urbano: Taxi.....	53
3.3. Extracción y homogeneización de datos: transporte privado y público de viajeros en sus diferentes modos a nivel urbano	53
3.3.1. Homogeneización de datos: transporte público urbano de viajeros	53
3.4. Transporte privado de viajeros a nivel urbano.....	64
3.5. Metodología para desglosar el transporte privado de viajeros a nivel urbano.....	64
CAPÍTULO 4. Estudio del transporte de viajeros terrestre a nivel interurbano	71
4.1. Transporte público y privado interurbano de viajeros	71
4.1.1. Datos disponibles por modo de transporte público interurbano de viajeros.....	71
4.1.2. Homogeneización de datos: transporte público y privado de viajeros a nivel interurbano	72
CAPÍTULO 5. Estudio del transporte terrestre de mercancías a nivel urbano e interurbano..	77
5.1. Transporte terrestre de mercancías	77
5.1.1. Datos disponibles para el transporte de mercancías a nivel interurbano	78
5.2. Extracción y homogeneización de datos: transporte terrestre de mercancías a nivel urbano y por carretera	78
CAPITULO 6. Flujos energéticos, medioambientales y económicos	83
6.1 Transporte público de viajeros a nivel urbano: autobús, metro y taxi	85
6.1.1. Transporte público urbano de pasajeros: autobús urbano.....	85

6.1.2. Transporte público urbano de pasajeros: metro, metro ligero y tranvía	88
6.1.3. Transporte público urbano de pasajeros: taxi	90
6.1.4 Transporte público urbano de pasajeros: cercanías	93
6.2. Transporte privado de viajeros a nivel urbano: coche, moto y “car-sharing”	94
6.3. Transporte privado de mercancías a nivel urbano	99
6.4. Transporte público de viajeros a nivel interurbano: autobús y tren.....	100
6.4.1. Transporte público de viajeros a nivel interurbano: Autobús.....	101
6.4.2. Transporte público de viajeros a nivel interurbano: Ferroviario	102
6.5. Transporte privado de viajeros a nivel interurbano: coche y moto.....	105
6.6. Transporte interurbano de mercancías: camión y ferrocarril.....	106
6.6.1. Transporte interurbano de mercancías: camión	107
6.6.2. Transporte interurbano de mercancías: ferrocarril.....	108
6.7. Estimación económica del coste de operación por consumo de combustibles	111
CAPITULO 7. Conclusiones	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Desglose millones de kilómetros recorridos en los diferentes modos del sector transporte.....	12
Figura 2 Desglose consumo combustibles y flujos energéticos por modo de transporte	12
Figura 3 Desglose consumos energéticos y emisiones por modo de transporte	13
Figura 4: Consumo total de energía entre 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB).....	27
Figura 5: Comparación desglose consumo energía primaria por tipo de fuente en 2005 y 2016	28
Figura 6: Consumo total de gas natural entre 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB)	28
Figura 7: Consumo total de carbón entre 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB).....	29
Figura 8: Consumo total productos derivados del petróleo 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB)	29
Figura 9: Emisiones de CO ₂ (Mt) de las principales potencias mundiales (PIB)	30
Figura 10 Emisiones de GEI (Mt) de las principales potencias mundiales en 2016 (PIB).....	30
Figura 11 Emisiones de CO ₂ y GEI (CO ₂ incluido) (10 ¹² kg CO ₂ equivalente)	31
Figura 12: Consumo de energía primaria y final por sectores a nivel mundial en 2015.	32
Figura 13 Contribución del sector transporte a las emisiones de CO ₂ totales provenientes de combustibles fósiles en 2013	35
Figura 14 Evolución consume energético sector transporte a nivel mundial	36
Figura 15: Desglose VAB a precios corrientes (Base 2010) del sector transporte por subsectores (40,50,51,52,53) en 2015.....	37
Figura 16: Desglose VAB a precios corrientes (Base 2010) del sector del subsector 49 por actividad económica en 2015	38
Figura 17 Peso socioeconómico del sector transporte y almacenamiento (49,50,51,52)	40
Figura 18: Demanda de transporte de viajeros por modo (millones de viajeros-km) entre 2010 y 2016.....	41
Figura 19: Demanda de transporte de mercancías por modo (miles de toneladas) entre 2010 y 2016.....	41
Figura 20; Evolución de la flota de vehículos por tipo de fuente energética entre 2014-2016	42
Figura 21 Desglose de la flota de vehículos por tipo de fuente energética en 2016 (último año disponible).....	43
Figura 22 Desglose consumo energía final por sector en España y UE-28 en 2015	43
Figura 23 Edad media del parque de vehículos industrias en la Unión Europea en 2015	44
Figura 24 Edad media del parque de vehículos de pasajeros (turismos) y transporte ligero en la Unión Europea en 2015.....	44
Figura 25 Desglose consumo energía final sector transporte por tipo de energía y por tipo de combustible fósil.....	45
Figura 26 Desglose emisiones por sector en España 2016	46
Figura 27 Desglose de emisiones totales de GEI por modo de transporte en 2015.....	47
Figura 28 Comparación demanda (viajeros-km transportados) autobús y ferrocarril en 2015	55
Figura 29 Análisis reparto modal viajes-red/viajes-línea del transporte público en las áreas metropolitanas estudiadas en 2015	56
Figura 30 Análisis reparto modal viajes-red/viajes línea en Madrid y Barcelona en 2015	56
Figura 31 Distancia media (km) por viaje desglosada por modos de transporte público urbano las principales áreas metropolitanas estudiadas en 2015.	57

Figura 32 Número de viajes por habitante y por modo en cada área metropolitana estudiada en 2015.....	58
Figura 33 Número medio de viajes en transporte urbano por habitante capitales urbanas según población de las mismas en 2015.....	59
Figura 34 Viajes autobús y metro por habitante en las áreas metropolitanas estudias para el año 2015.....	60
Figura 35 Relación entre la distancia media por viaje y la superficie urbanizada donde se realiza dicho viaje	66
Figura 36 Demanda (millones viajeros-km) por modo de transporte por carreteras en España	73
Figura 37 Demanda (millones vehículos-km) por modo de transporte en carretera en España	73
Figura 38 Demanda (millones viajeros-km) por modo transporte ferroviario España	74
Figura 39 Demanda (millones viajeros-km) media distancia por tipo de producto en España.....	75
Figura 40 Demanda (millones toneladas-km) de transporte de mercancías por tipo de servicio en España	79
Figura 41 Demanda (millones toneladas-km) por tipo de vehículo (rígido-tractor) y capacidad de carga	79
Figura 42 Desglose toneladas netas transportadas por empresa transporte ferroviario en 2016	81
Figura 43 Desglose millones de kilómetros recorridos en los diferentes modos del sector transporte.....	82
Figura 44 Desglose parque de turismos en circulación en 2015 por año de matriculación en España	95
Figura 45 Desglose flota de turismos en 2015 por año de matriculación.....	95
Figura 46 Desglose parque de motocicletas en circulación año 2015	96
Figura 47 Desglose flota motocicletas 2015 por año de matriculación	96
Figura 48 Desglose consumo combustibles y flujos energéticos por modo de transporte	109
Figura 49 Desglose consumo combustibles y flujos energéticos por modo de transporte	110
Figura 50 Desglose agregado consume energético obtenido	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos agudos y crónicos como consecuencia de la contaminación atmosférica	Error! Bookmark not defined.
Tabla 2. Transportes comprendidos dentro del sector 49	38
Tabla 3. Transportes comprendidos dentro del sector 494 y 493	39
Tabla 4. Consumo medio vehículos diésel transporte viajeros/mercancías con motorización superior a 180 CV	46
Tabla 5. Desglose población residente en área metropolitanas y población residente en capitales	
Tabla 6. Fuentes consultadas y datos extraídos para autobús urbano y metropolitano en España	51
Tabla 7. Fuentes consultadas y datos extraídos para transporte en metro tranvía y metro ligero en España	51
Tabla 8. Fuentes consultadas y datos extraídos para transporte en Cercanías operador Renfe	52
Tabla 9. Fuentes consultadas y datos extraídos del transporte público en Taxi	53
Tabla 10. Desglose demanda movilidad transporte pública por modo en las diferentes áreas metropolitanas estudiadas en 2015	54
Tabla 11. Millones de viajes línea (autobús) y viajes-red (ferrocarril) en 2015 por modo de transporte	55
Tabla 12. Distancia media (km) de cada viaje por cada modo de transporte público estudiado	57
Tabla 13. Kilómetros totales recorridos en los distintos servicios ferroviarios de transporte de viajeros a nivel urbano	60
Tabla 14. Kilómetros totales recorridos en metro, tranvía y metro ligero en las áreas que disponen de estos servicios	61
Tabla 15. Kilómetros totales recorridos en autobús urbano y metropolitano en las 21 áreas metropolitanas estudiadas	61
Tabla 16. Distribución de licencias de Taxi en Madrid según tecnología de motorización (5)	62
Tabla 17. Kilómetros totales recorridos al día por tipo de licencia de Taxi en Madrid	62
Tabla 18. Kilómetros totales recorridos al año en Madrid por tipo de licencia de Taxi	63
Tabla 19. Kilómetros totales recorridos al en España por tipo de licencia de Taxi	64
Tabla 20. Recopilación encuestas sobre movilidad urbana realizada por OMM 2017 (2015)	65
Tabla 21. Reparto modal desplazamientos entre zona capital y zona corona metropolitana	67
Tabla 22. Reparto modal desplazamientos en la corona metropolitana	67
Tabla 23. Reparto modal desplazamientos dentro de la zona capital o núcleo urbano	68
Tabla 24. Kilómetros totales realizados en el ámbito metropolitano en el modo coche y moto a nivel nacional en el año 2015	70
Tabla 25. Fuente de datos del transporte interurbano público (autobús)	72
Tabla 26. Fuente de datos del transporte interurbano público (larga distancia)	72
Tabla 27. Fuente de datos del transporte interurbano público (media distancia)	72
Tabla 28. Ocupación media por modo de transporte carretera	
Tabla 29. Millones de kilómetros viajados por cada modo de transporte	
Tabla 30. Kilómetros totales recorridos en transporte ferroviario larga distancia	75
Tabla 31. Kilómetros totales recorridos en transporte ferroviario media distancia por tipo de producto	76
Tabla 32. Kilómetros totales recorridos por modo de transporte público y privado a nivel interurbano	76

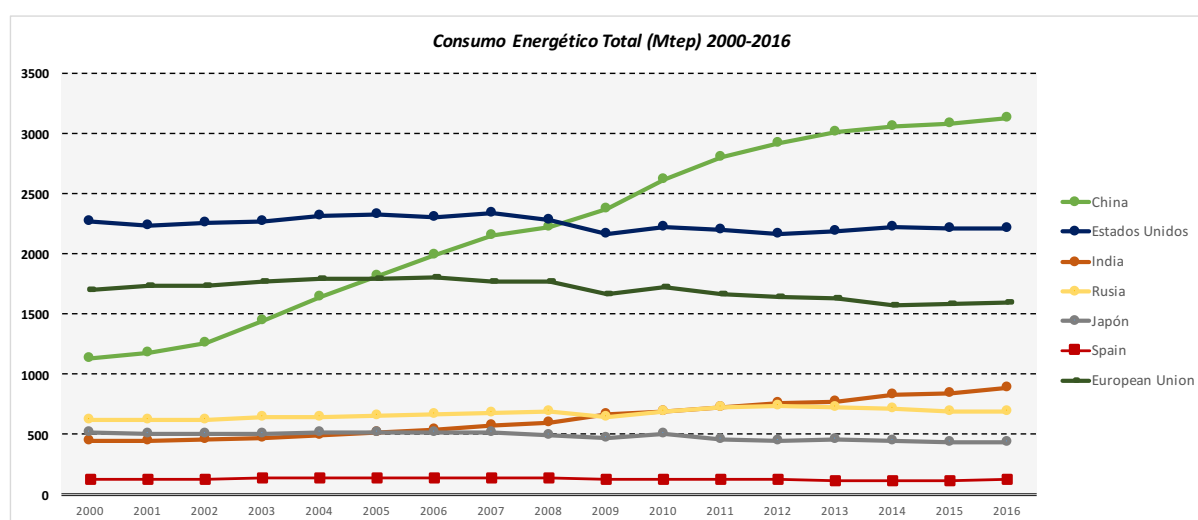
Tabla 33. Fuentes de datos utilizados en el transporte de mercancías por carretera	78
Tabla 34. Fuentes de datos utilizados en el transporte de mercancías por ferrocarril	78
Tabla 35. Kilómetros totales recorridos por el transporte pesado de mercancías por carretera en España	80
Tabla 36. Toneladas netas transportadas por empresa transporte ferroviario.....	80
Tabla 37. Kilómetros anuales recorridos por las empresas ferroviarias de transporte de mercancías.....	81
Tabla 38. Comparación kilómetros totales recorridos por cada modo de transporte de mercancías.....	81
Tabla 39. Emisiones de CO2 asociadas al mix de generación eléctrica en el año 2015.....	83
Tabla 40. Factores de emisión asociados a las diferentes fuentes combustibles en el año 2015	84
Tabla 41. Poderes caloríficos del gas.....	84
Tabla 42. Factores de emisión diferentes combustibles consumidos en kg/l	84
Tabla 43. Distancias recorridas en las diferentes áreas metropolitanas por los modos autobús urbano y metropolitano	86
Tabla 44. Consumos de diferentes modelos de autobuses urbanos en función de sus ciclos de prueba.....	87
Tabla 45. Consumos medios autobuses urbanos en función del combustible empleado.....	87
Tabla 46. Emisiones medias de los autobuses urbanos en función del combustible empleado	87
Tabla 47. Consumos y emisiones totales de los autobuses urbanos en el año 2015 en función del combustible empleado.....	88
Tabla 48. Tablas de conversiones de unidades	88
Tabla 49. Consumos y emisiones de los autobuses urbanos en función del combustible empleado	88
Tabla 50. Modelos del parque móvil de metros y nº de coches de cada tipo	89
Tabla 51. Eficiencias energéticas diferentes modelos de metro	89
Tabla 52. Consumo energético del metro, metro ligero y tranvía en el año 2015	90
Tabla 53. Distribución de las distancias recorridas por los taxis según tecnología empleada.....	91
Tabla 54. Consumo energético y emisiones anuales de los taxis con tecnología diésel.....	91
Tabla 55. Consumo energético y emisiones anuales de taxis con tecnología híbrido	92
Tabla 56. Consumo energético y emisiones anuales de los taxis con tecnología GLP	92
Tabla 57. Consumos energéticos de las diferentes tecnologías del taxi	92
Tabla 58. Modelos del parque móvil del servicio cercanías Renfe	93
Tabla 59. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren de cercanías.....	93
Tabla 60. Consumo energético y emisiones del modo cercanías en el año 2015	93
Tabla 61. Consumos medio anual en función del año de matriculación	97
Tabla 62. Consumos totales anuales en función de la tecnología y el año de matriculación de los turismos y motocicletas del parque móvil existente en España	97
Tabla 63. Consumos energéticos anuales de los modos turismo y motocicleta a nivel interurbano	98
Tabla 64. Consumos y emisiones del modo de transporte privado urbano de viajeros transporte y moto	98
Tabla 65. Operaciones de transporte, toneladas y toneladas-km por tipo de vehículo y capacidad de carga	99
Tabla 66. Carga media resultante en transporte de mercancías intramunicipal.....	99
Tabla 67. Número de kilómetros realizados en el año 2015.....	100
Tabla 68. Consumo y emisiones totales.....	100
Tabla 69. Consumo combustible y emisiones del transporte intramunicipal de mercancías.....	100

Tabla 70. Consumos y potencias de la flota de autobuses interurbanos.....	101
Tabla 71. Consumos energéticos anuales de la flota de autobuses interurbanos.....	101
Tabla 72. Consumos y emisiones del modo de transporte interurbano de autobús	101
Tabla 73. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren LD alta velocidad (AVE).....	102
Tabla 74. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren LD convencional (ALVIA)...	103
Tabla 75. Consumos energéticos y emisiones de trenes larga distancia en 2015	103
Tabla 76. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren MD alta velocidad (AVANT)	104
Tabla 77. Consumos energéticos y emisiones de trenes media distancia en 2015	104
Tabla 78. Desglose de los vehículos en circulación según el año de matriculación.....	105
Tabla 79. Consumos medios en función de la tecnología y el año de matriculación	105
Tabla 80. Consumos totales consumidos en función de la tecnología y el año de matriculación	105
Tabla 81. Consumos energéticos anuales	106
Tabla 82. Consumos energéticos en función de la carga y potencia	107
Tabla 83. Consumo energético 2015	107
Tabla 84. Consumos energéticos anuales	108
Tabla 85. Consumos energéticos y emisiones en 2015.....	108
Tabla 86. Precios de gasolina y gasóleos para el año 2015	111
Tabla 87. Precio neto de la electricidad para uso doméstico y uso industrial	112
Tabla 87. Valoración económica por costes de operación derivados del consumo por modo del sector transporte en España 2017.....	113
Tabla 89. Desglose de consumo energético anual por modo de transporte año 2016	114
Tabla 90. Desglose de consumo energético anual por modo de transporte año 2017	114
Tabla 91. Emisiones de CO ₂ sector transporte España 2015	117

CAPÍTULO 1. Introducción

1.1. Antecedentes y motivación

Uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta actualmente la humanidad es alcanzar un desarrollo energético sostenible sin comprometer el bienestar de las generaciones venideras. Este reto implica un modelo de crecimiento y transición energética sostenible desde la generación hasta el consumo a nivel mundial. Durante la última década, el paradigma energético global ha cambiado radicalmente. El consumo energético de países como China e India ha sobrepasado a potencias mundiales como Estados Unidos, Rusia, Japón o la Unión Europea (véase figura 4). Estos cinco países y Europa suponen un 51% de la población mundial total, 65% del PIB global y hasta un 67% de la energía primaria total consumida a nivel mundial.



Fuente: Elaboración propia con datos de *Global Energy Data Statistical Yearbook 2017*

Figura 4: Consumo total de energía entre 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB)

Los combustibles fósiles continúan representando la fuente principal de energía primaria en el mix energético a nivel mundial (véase figura 5). En 2016, el consumo de energía primaria a nivel mundial alcanzó las 13.276 Mtep de las cuales 4418,2 correspondieron al petróleo siendo pues la fuente primaria de energía más consumida (33% del total), seguido por el carbón (3.732 Mtep) y el gas natural (3.203 Mtep). El consumo de los diferentes combustibles fósiles supuso en 2016 cerca 85% del total de energía primaria consumida en todo el mundo frente a un 87,7% en 2005, año en el que se consumieron aproximadamente 10.537 Mtep.

Es decir, a pesar de que la penetración de las energías renovables en el mix energético global en estos últimos diez años es innegable, los combustibles fósiles han sido los principales impulsores energéticos.

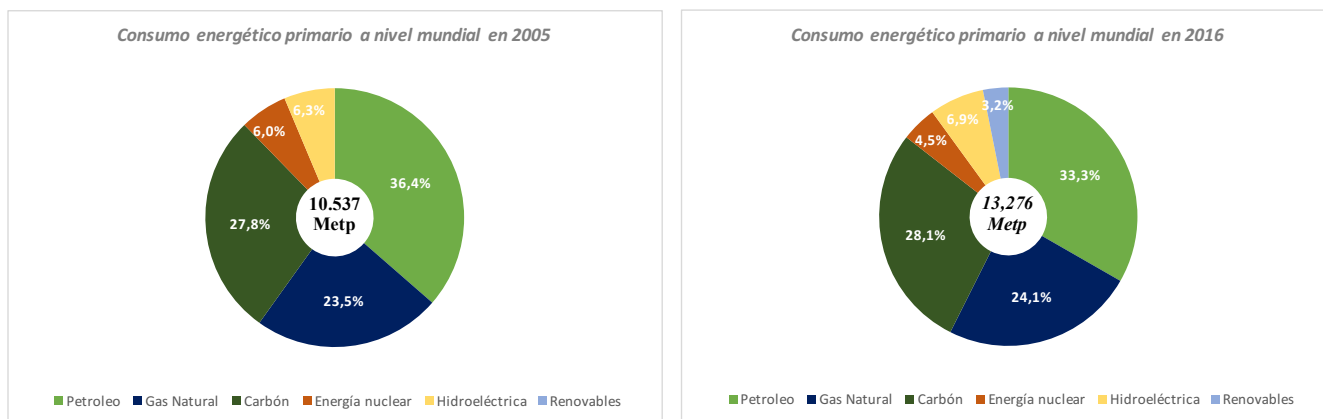
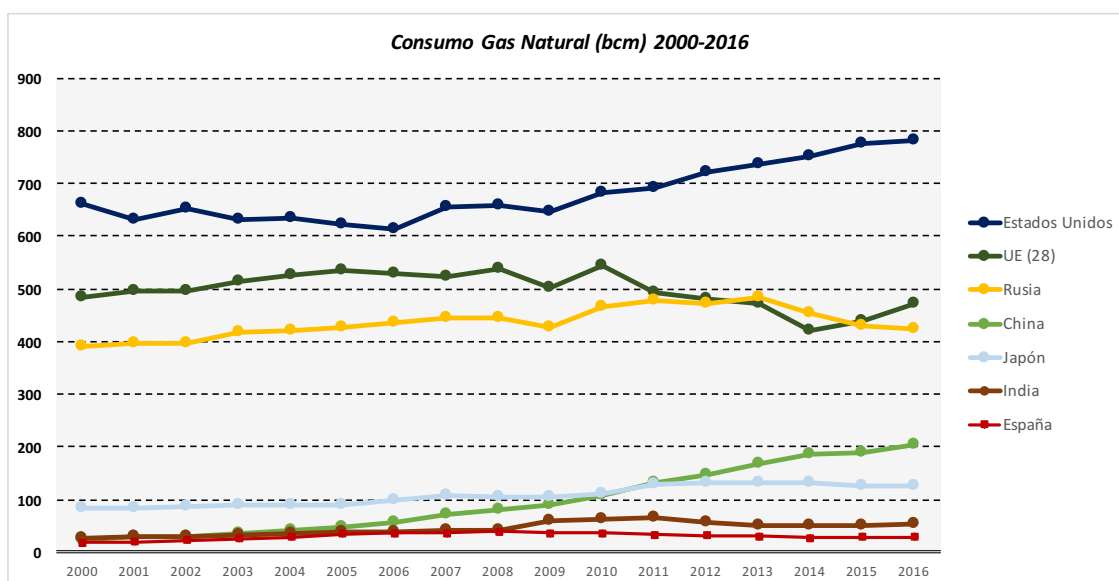


Figura 5: Comparación desglose consumo energía primaria por tipo de fuente en 2005 y 2016
Fuentes: Elaboración propia con datos de *BP Statistical Review Of World Energy 2017* / *BP Statistical Review Of World Energy 2006*

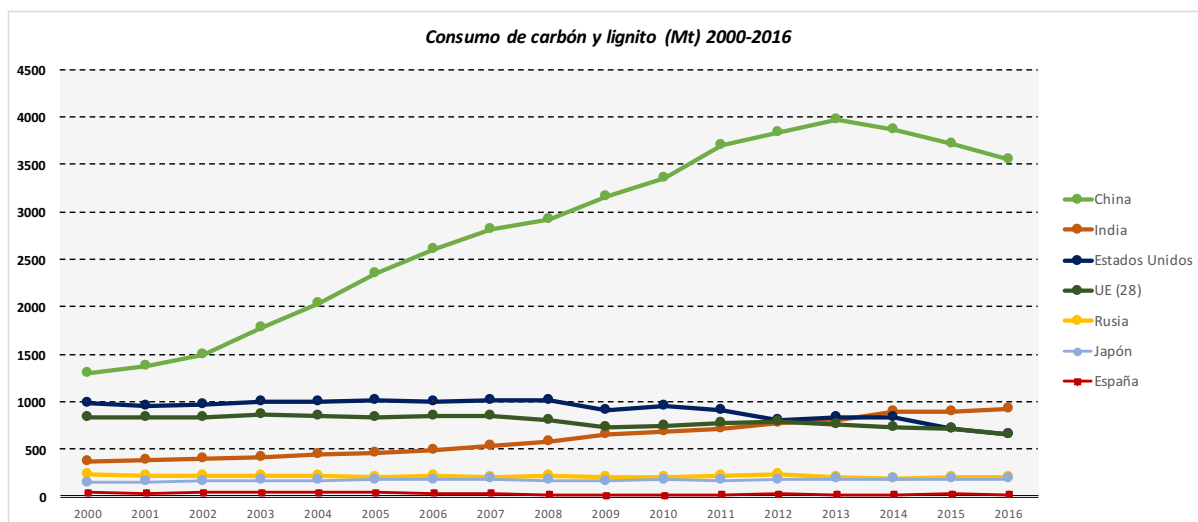
Como ha quedado reflejado, este crecimiento exponencial de consumo energético se ha dado principalmente desde fuentes de energías no renovables. En el caso de Estados Unidos, China e Irán, el consumo de gas natural ha aumentado a un TCAC⁽¹⁾ del +1,1%, +14,5% y +7,2% respectivamente en los últimos dieciséis años (véase figura 6).



Fuente: Elaboración propia con datos de *Global Energy Data Statistical Yearbook 2017*

Figura 6: Consumo total de gas natural entre 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB)

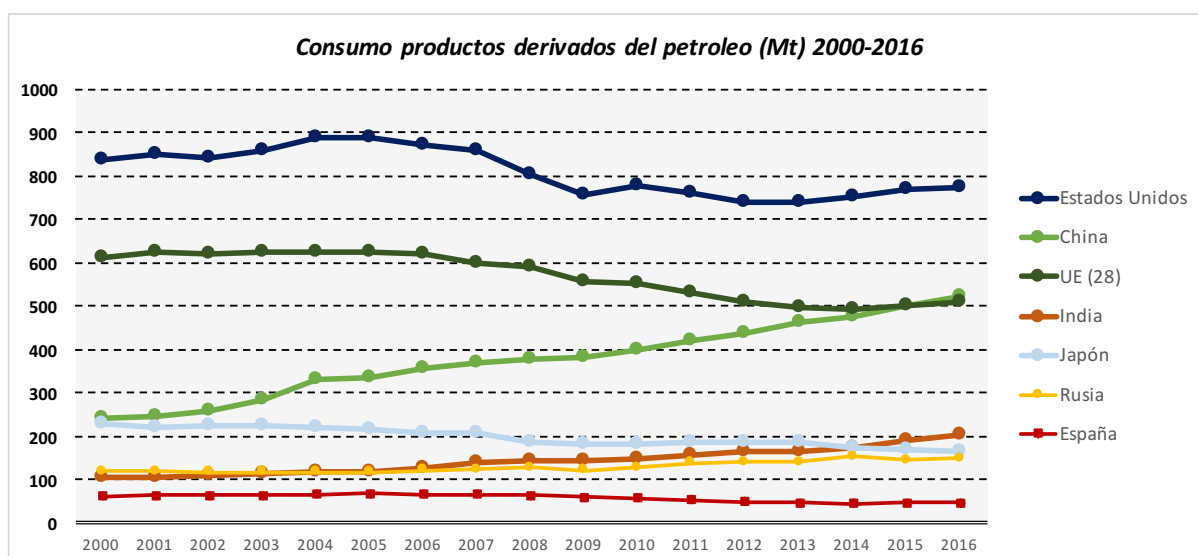
El consumo de carbón también ha experimentado una TCAC del +6,5% el caso de China (máximo consumidor de carbón) y del +5,8% en India. Cabe destacar que el consumo de otras potencias, Estados Unidos, y Rusia ha decrecido a una TCAC del -2,5%, -0,5% y -0,6% respectivamente en entre el año 2000 y 2016 (véase figura 7)



Fuente: Elaboración propia con datos de *Global Energy Data Statistical Yearbook 2017*

Figura 7: Consumo total de carbón entre 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB)

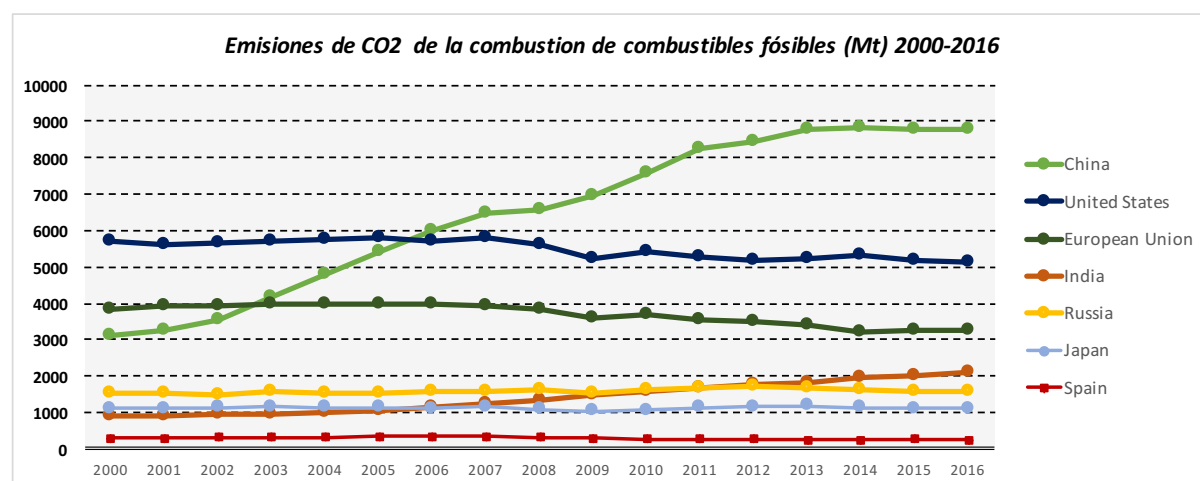
Por último, el consumo de productos derivados del petróleo también ha experimentado un crecimiento anual positivo en países como China (+4,9%) o India (+4,0) entre 2000 y 2016 contrarrestado por el abandono progresivo del petróleo como fuente energética por parte de países pertenecientes a la UE-28. La Unión Europea ha experimentado un leve crecimiento en el consumo de petróleo durante 2014 y 2015 (en torno +0,2 mb/día). La IEA sitúa la demanda anual creciente de este combustible fósil en +1,2 mb/día hasta 2022. En concreto se esperan que sean China e India, cuyos consumos de petróleo per cápita en 2016 se situaron en 1,2 b/día y 3,0 b/día, los principales impulsores de la creciente demanda de este combustible alcanzando los 1,5 b/día y 3,5 b/día respectivamente en 2022 según proyecciones de la IEA. El sector transporte podría ser el principal responsable de este incremento en la demanda de petróleo en países en vías de desarrollo pues el poder adquisitivo medio de las familias aumenta anualmente permitiendo la inversión en movilidad y adquiriendo sus primeros vehículos (véase figura 8).



Fuente: Elaboración propia con datos de *Global Energy Data Statistical Yearbook 2017*

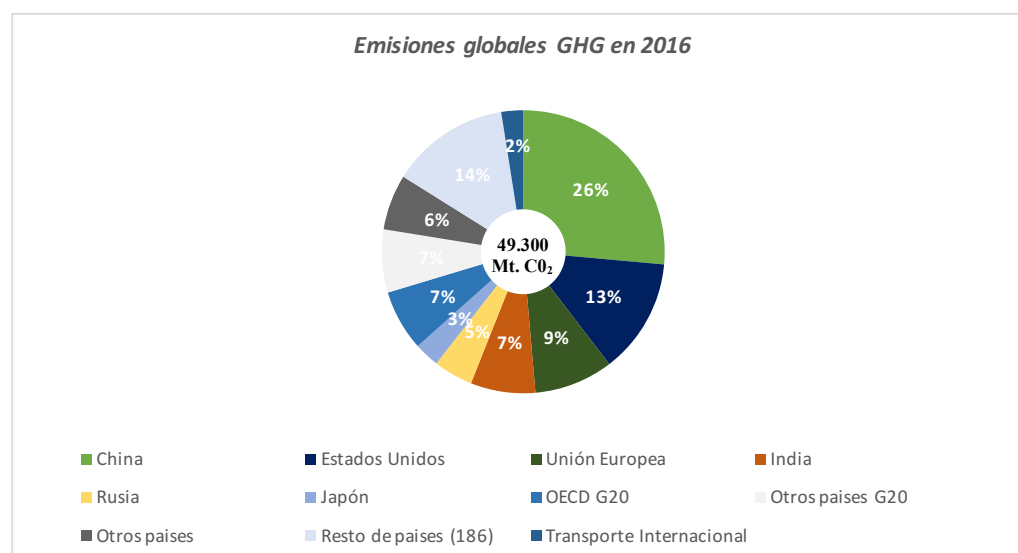
Figura 8: Consumo total productos derivados del petróleo 2000-2016 de las principales potencias mundiales (PIB)

La explotación de estos recursos naturales como fuente energética ha disparado las emisiones de CO₂ alcanzaron los 49.300 Mt equivalentes de CO₂ en 2016. En países en pleno crecimiento económico como China las emisiones han crecido entre el año 2000 y el 2016 con una TCAC del +6,7%, o en India con un +5,4, empeorando el ya comprometido clima global (véase figura 9). En otros países como Estados Unidos o Rusia las emisiones de CO₂ han decrecido ligeramente o se han mantenido (-0,7% y +0,2% respectivamente) a pesar de experimentar un crecimiento positivo de su PIB.



Fuente: Elaboración propia con datos de *Global Energy Data Statistical Yearbook 2017*
 Figura 9: Emisiones de CO₂ (Mt) de las principales potencias mundiales (PIB)

En 2016, los cinco principales países o regiones en cuanto a emisiones de gases contribuyentes al efecto invernadero se refiere, China, India, Rusia, Estados Unidos, Japón y la Unión Europea emitieron un 68% de las emisiones globales de CO₂ y un 63% de los GEI (véase figura 10)

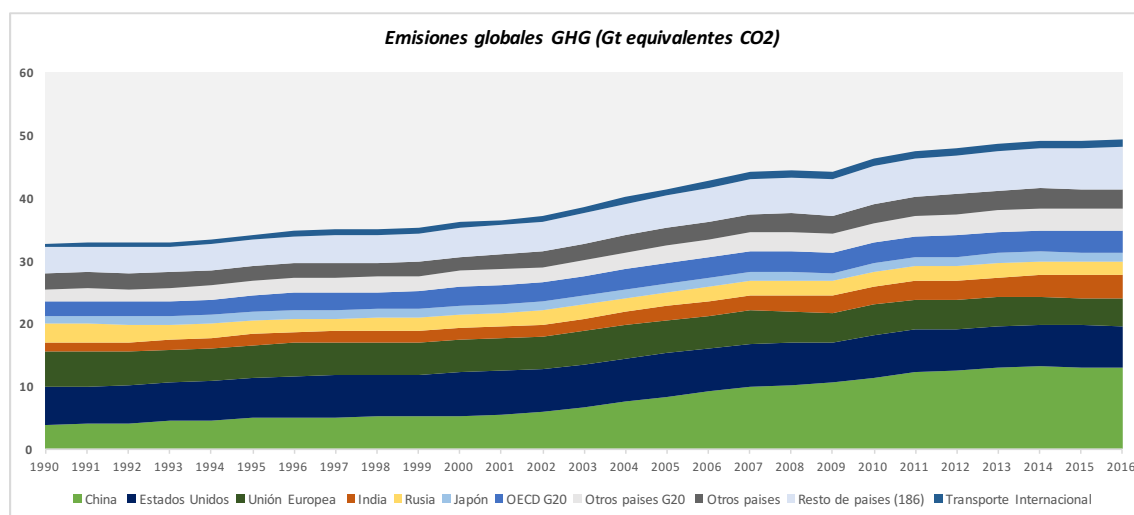


Fuente: Elaboración propia con datos de *Trends in global CO₂ and total greenhouse emissions: 2017 PBL Netherlands Assessment Agency*
 Figura 10 Emisiones de GEI (Mt) de las principales potencias mundiales en 2016 (PIB)

Estados Unidos continúa siendo uno de los principales países en cuanto a emisiones de CO₂ per cápita se refiere [SMIT17]. Sin embargo, en 2016, Estados Unidos redujo en un 0,7% las emisiones totales de CO₂ con respecto al año anterior. La caída ha venido fomentada

mayoritariamente por un desplazamiento progresivo del carbón como principal fuente energética por gas natural para producir electricidad y una mayor penetración de las renovables en el mix energético [RAPI16]. China, cuyas emisiones han permanecido constantes en los últimos tres años, también experimentó una caída del 2,6% en cuanto a emisiones de CO₂ se refiere, a causa de la ralentización económica experimentada por el país asiático. Para el año 2018, se prevé un nuevo incremento de las emisiones de CO₂ cercano al 3,5%°. [PETE17]. Estos decrementos se vieron contrarrestados por parte de la India y la Unión Europea (+5,1% y +1,4% respectivamente) [OLIV17].

Se ha mostrado la evolución en cuanto a consumo energético de fuentes no renovables emisoras de gases contribuyentes al efecto invernadero (carbón, gas natural y productos derivados del petróleo) por parte de las principales potencias mundiales, así como la evolución de las emisiones de CO₂ (uno de los principales gases contribuyentes al efecto invernadero) de las mismas, quedando plasmado el crecimiento descontrolado que ambas variables han experimentado durante la última década en potencias en vía de desarrollo económico como China e India. Sin embargo, este consumo incesante de combustibles fósiles y las emisiones resultantes de la combustión de dichos productos no es un caso aislado de países que han gozado de un excelente desarrollo económico durante las últimas décadas. Si se extendiese la franja temporal, se puede apreciar que las emisiones de CO₂ y otros gases contribuyentes al efecto invernadero han aumentado progresivamente durante los últimos 25 años a nivel mundial (véase figura 11). La emisión de CO₂ en 2016 han crecido 37% con respecto a 1990, mientras que las emisiones de GEI (CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ y CO₂) han crecido un 34% en ese mismo periodo.



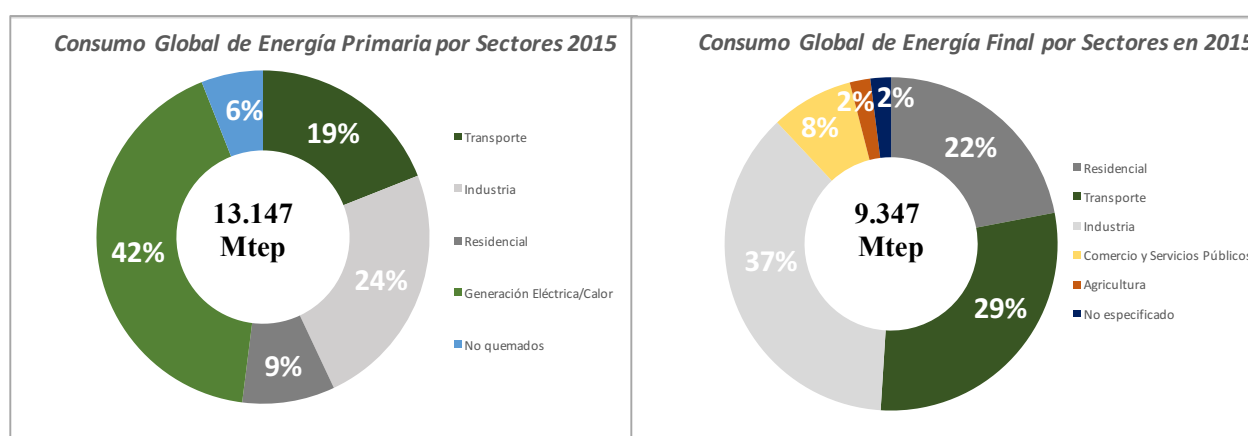
Fuente: Elaboración propia a partir de *Trends in global CO₂ and total greenhouse emissions: 2017 PBL Netherlands Assessment Agency*

Figura 11 Emisiones de CO₂ y GEI (CO₂ incluido) (10¹² kg CO₂ equivalente)

En la figura 11, se puede apreciar que la tendencia de emisiones de GEI (CO₂ incluido) a nivel mundial ha sido claramente alcista en los últimos 25 años. Si se estudiase la tendencia de las emisiones de CO₂ se apreciaría una alta similitud a la de los GEI. Esto se debe a que el CO₂ supone hasta un 73% de las emisiones totales de gases contribuyentes al efecto invernadero (GEI) en algunos años. Además, las tasas anuales de crecimiento varían en diferentes franjas temporales. En los años 2012, 2013, y 2014 las emisiones de GEI se

incrementaron a una media anual del 1,3%, siendo tres veces menores que la media de la primera década del siglo actual. Durante 2016, el crecimiento de las emisiones totales de GEI ha frenado considerablemente, con un crecimiento inferior al 0,5% ($\pm 1\%$) alcanzando las 49,5 Gt de CO₂ equivalente. Este menor crecimiento ha sido impulsado principalmente por una sustitución del carbón por gas natural y el incremento de la penetración de energías renovables en el mix energético, en concreto solar y eólica [OLIV16].

En cuanto al consumo de energía primaria por sectores, (entendida como energía que no ha sufrido ningún proceso de conversión, transporte o distribución) los sectores industria, residencial y transporte serían en este orden los principales consumidores de energía primaria llegando a representar entorno a un 85% de la energía primaria total consumida en 2015. Sin embargo, observando el consumo final de energía mundial, aunque el sector industria mantiene un papel predominante como principal consumidor energético, el transporte adquiere una posición más relevante llegado a representar casi un tercio del consumo final de energía en 2015 (véase figura 12).



Fuente: Elaboración propia a partir de IEA 2016 y BP Energy Outlook 2017
 Figura 12: Consumo de energía primaria y final por sectores a nivel mundial en 2015.

Este elevado consumo energético por parte del sector transporte tanto en términos de energía primaria como final deriva casi en su totalidad de fuentes energéticas no renovables como son los combustibles fósiles. En 2015, el petróleo aportó un 94% del consumo total de energía del sector transporte a nivel mundial en 2015 [BP17].

CAPÍTULO 2. El sector transporte a nivel nacional

El transporte ofrece muchos beneficios a nuestra sociedad, convirtiéndose en una actividad estratégica, facilitando el movimiento de personas o bienes e incentivando el crecimiento económico y la calidad de vida de nuestros países. Este sector ha sabido satisfacer, a través de vehículos cada vez más sofisticados técnicamente e infraestructuras más desarrolladas, las necesidades de movilidad de los ciudadanos contribuyendo a la especialización productiva, el acceso a una mayor variedad de servicios o productos y a fomentar las relaciones humanas básicas.

A pesar de haber satisfecho económica y socialmente diversas necesidades, el sector transporte es uno de los principales sectores que ha potenciado el crecimiento de las emisiones contribuyentes al efecto invernadero y al deterioro de la calidad del aire causando costes medioambientales y por ende costes económicos reales para la sociedad. Como se explicará a continuación, la fuente energética principal que utilizan los medios de transporte convencionales equipados con motor de combustión son productos derivados del petróleo como el gasóleo o la gasolina. La transformación de estos combustibles en trabajo útil conlleva una emisión de partículas y de otros contaminantes que afectan de manera global al cambio climático, a la capa de ozono y de manera local o regional a la salud de los habitantes de los lugares donde se producen [EEA16].

Los gases contaminantes (tanto GEI o perjudiciales para la calidad del aire) emitidos por los vehículos y regulados en algunos países como la UE son los siguientes:

- *Dióxido de carbono (CO_2)*: producto principal de la combustión de productos derivados del petróleo y contribuyente al efecto invernadero.
- *Hidrocarburos (HCs)*: resultado de la combustión incompleta de combustibles fósiles. Contribuyentes al efecto invernadero y altamente perjudiciales para la salud humana.
- *Monóxido de carbono (CO)*: resultado de la combustión incompleta del combustible. Contribuyente al efecto invernadero y toxico para los seres humanos.
- *Partículas*: productos de la combustión incompleta. Altamente dañinas para el sistema respiratorio. Se suelen representar, según su tamaño, por TSP, PM10, o PM2.5
- *Óxidos de nitrógeno (NO_x)*: productos de la reacción del oxígeno con el nitrógeno (gas más abundante en el aire). Cabe diferenciar entre NO (no perjudicial) y NO_2 (perjudicial para el medio ambiente y la salud), la proporción de emisiones del segundo es mayor en los vehículos diésel.

Además de los gases regulados, existen otros productos contaminantes ácidos (NH_3 y SO_2), contaminantes orgánicos cancerígenos y tóxicos (PAH) y metales pesados que también contribuyen al deterioro del medio ambiente y de la salud.

En siguiente tabla se muestran los efectos agudos y crónicos aceptados por la comunidad científica que tiene la contaminación atmosférica sobre la salud:

Tabla 1. Efectos agudos y crónicos como consecuencia de la contaminación atmosférica

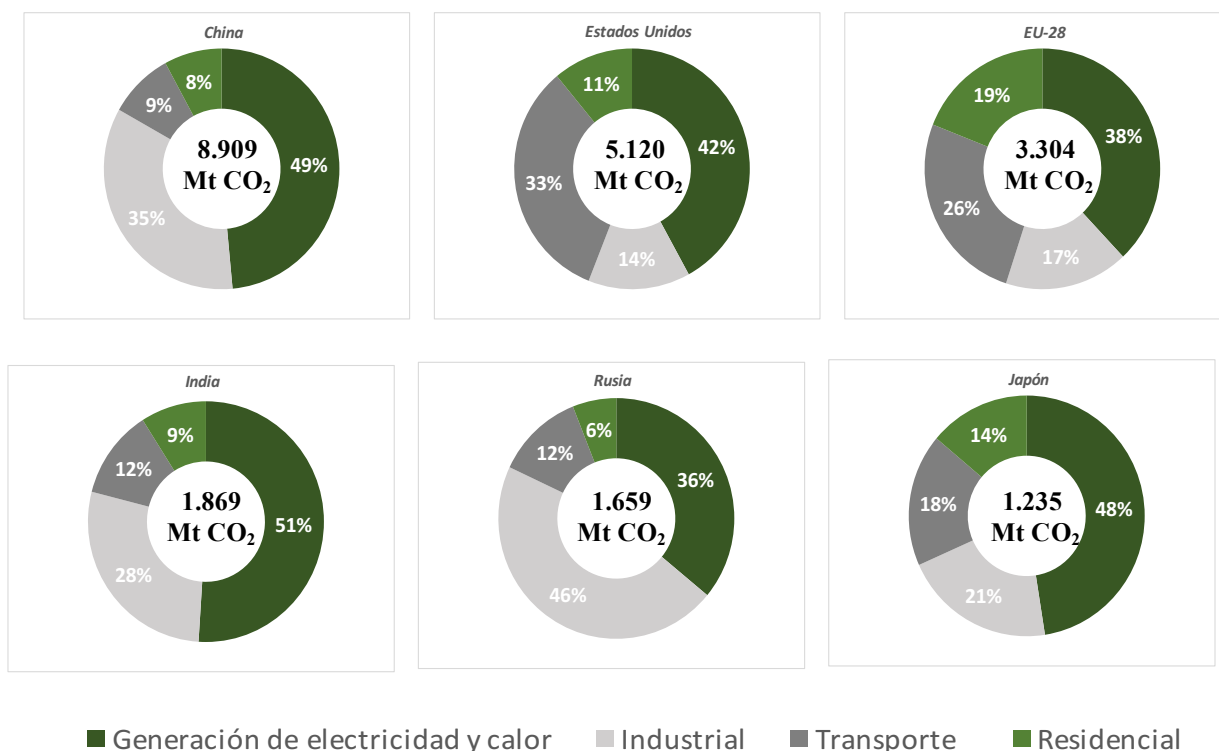
PULMÓN	CORAZÓN/SISTEMA VASCULAR
Cambios fisiológicos y estructurales	
<i>Volumen y flujo de la expiración forzada</i> <i>Inflamación (local y sistémica)</i> <i>Factores de coagulación de la sangre</i> <i>Inflamación</i> <i>Estructura de los vasos sanguíneos</i>	<i>Pulso</i> <i>Presión arterial</i>
Efectos agudos	
<i>Síntomas respiratorios</i> <i>Agravación bronquitis crónica, asma</i> <i>Uso medicinas del asma</i> <i>Ausencia trabajo/escuela</i> <i>Muerte</i> <i>Uso de la red sanitaria por efectos anteriores</i>	<i>Trombosis</i> <i>Infarto del miocardio</i> <i>Arritmia</i> <i>Ataque cerebral</i> <i>Muerte</i> <i>Uso de la red sanitaria por efectos anteriores</i>
Efectos crónicos	
<i>Reducción de la función pulmonar</i> <i>Bronquitis crónica</i> <i>Cáncer de pulmón</i> <i>Incidencia del asma (en estudio)</i> <i>Reducción de la esperanza de vida</i>	<i>Aterosclerosis (en estudio)</i> <i>Reducción de la esperanza de vida (por muerte cardiovascular prematura)</i>

Fuente: Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado. Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera”. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Edita Fundación Gas Natural. (Modificado de Künzli y Tanger (2005). Air pollution from the heart. Swiss Med Wkly)

La contaminación acústica producida por el transporte se debe básicamente al funcionamiento del motor, de las transmisiones y de la fricción del vehículo con el suelo y el aire, y también afecta a la salud. La exposición al ruido durante la noche puede provocar trastornos del sueño. Una exposición continua, a largo plazo, puede provocar trastornos tanto físicos (disminución de la audición, aumento de la presión arterial, etc.), como psicológicos (depresión, incapacidad, fatiga, etc.).

Tanto el número como la gravedad de los trastornos producidos por la contaminación atmosférica o acústica producidas por el transporte, son mayores en las zonas urbanas que en las interurbanas, debido a que los puntos de emisión de los contaminantes se producen en la proximidad de los ciudadanos y al efecto pantalla en las emisiones producido por la mayor densidad y altura de los edificios no favoreciendo ni la dilución de los contaminantes ni la dispersión de los mismos.

Como se ha explicado, el sector transporte juega un papel fundamental en la consecución de un desarrollo energético sostenible a nivel mundial ya que no es solo uno de los principales sectores emisores de CO₂ en países desarrollados como Estados Unidos o la Unión Europea (véase figura 13) sino que tiene un alto potencial de crecimiento en potencias en vías de desarrollo como China o Asia.



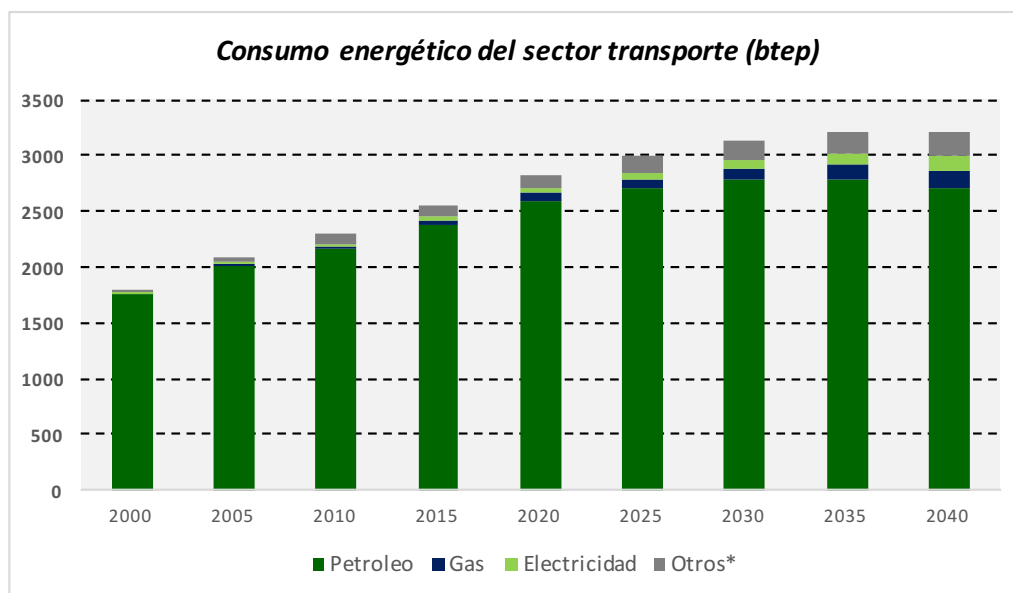
Fuente: Elaboración propia a partir de *Trends in global CO₂ emissions 2016 report*. PBL Netherlands Assessment Agency

Figura 13 Contribución del sector transporte a las emisiones de CO₂ totales provenientes de combustibles fósiles en 2013

Algunos estudios realizados por la EIA (Energy Information Administration) aseguran que el consumo energético del sector transporte por parte de países no pertenecientes a la OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) alcanzará niveles superiores a los países de la OECD en 2020. Además, dicho crecimiento en la demanda energética del sector transporte continuará su tendencia alcista hasta mediados del siglo y las principales fuentes energéticas que la abastecerán procederán de combustibles fósiles (gasolina, gasóleo, gas natural y fuel-oil residual entre otros) [EIA17]. A pesar de que el impacto del transporte en la demanda de combustibles fósiles se vería levemente contrarrestado por una mejora de la eficiencia de entre un 60%-70% en 2040 con respecto al año 2000 (3L/100km vs. 7L/100km) [BPEO18] en los motores, una mayor penetración de vehículos eléctrico e híbridos y la movilidad compartida, el transporte no parece capaz, a corto plazo, de desligar su demanda energética de los combustibles fósiles.

El sector transporte, a diferencia de otros sectores como puede ser el de generación eléctrica, no ha experimentado un cambio significativo en el consumo de combustibles fósiles por energías renovables en las últimas décadas. Al contrario, la demanda de petróleo por parte

del sector transporte a nivel mundial ha permanecido prácticamente invariable desde el año 2000 (97,8%) hasta el año 2015 (92,9%) (véase figura 14). Aunque algunos expertos proyectan una mayor penetración de la electricidad como vector del transporte, el petróleo seguirá siendo la principal fuente energética de abastecimiento de este sector en los próximos veinte años, según el BP Energy Outlook 2018 [BPEO18].



Fuente: Elaboración propia a partir de *BP Energy Outlook 2018 Edition*

Figura 14 Evolución consume energético sector transporte a nivel mundial

La diversificación energética del sector es por tanto inexistente, existiendo una dependencia total de los productos derivados del petróleo como fuente energética principal para satisfacer una demanda creciente del transporte a nivel global. Desvincular dicha demanda de movilidad y crecimiento económico de los combustibles fósiles y conseguir una mayor penetración de fuentes de energía sostenibles es uno de los desafíos a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad.

Ante el incremento incesante del consumo energético desde fuentes de energías no renovables a nivel global y las consecuentes emisiones contaminantes que ayudan al deterioro del medio ambiente y por tanto al bienestar social, se hace necesario plantear soluciones efectivas de forma inmediata. Como se ha puesto de manifiesto, el sector transporte tiene un peso ineludible sobre el consumo de combustibles fósiles y por tanto de emisiones contribuyentes al efecto invernadero (figura 14) a nivel mundial. Además, es un sector con una clara proyección de crecimiento no solo en países desarrollados sino también en países emergentes como China o India, cuyas tendencias de consumo de combustibles fósiles han sido alcistas durante las últimas décadas. Tiene sentido pues, proponer soluciones sostenibles que estén enfocadas a optimizar el sector transporte y conseguir desvincular su consumo energético, así como sus emisiones, de manera absoluta o relativa del crecimiento económico, siempre considerando las implicaciones económicas y sociales que conlleva.

España, como país miembro de la OCDE, país participante en el Acuerdo de París (COP 21) y, como se explicará en el capítulo 2, país donde el sector transporte juega un papel

fundamental en la transición hacia un modelo energético sostenible (40,1% del consumo de energía final en España corresponde al sector transporte, así como el 26,3% de las emisiones totales de CO₂) tiene la obligación de evaluar de manera crítica la situación de dicho sector económico.

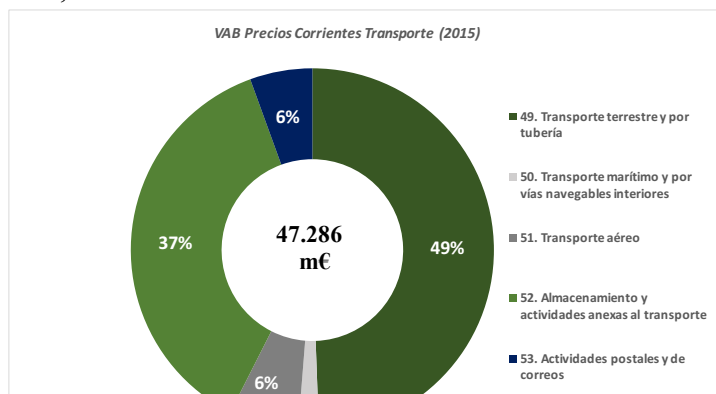
2.1. Contribución del sector transporte a la economía

Entre los sectores económicos con mayor importancia estratégica en España se encuentra el transporte de viajeros y mercancías. Su creciente utilidad para el desarrollo de la industria, el comercio y la movilidad de viajeros, en concreto el turismo, a nivel nacional convierten al sector transporte en un impulsor de la economía y bienestar social en este país. Además, en el contexto de globalización actual, la importante posición geográfica de España como nexo entre Europa, Latinoamérica y África, resalta la necesidad de conseguir un sistema de transporte cada vez más fiable y ágil capaz de satisfacer una demanda creciente y exigente.

El sector transporte¹ tiene una gran importancia en el tejido productivo contribuyendo a la riqueza nacional. Las cifras que se muestran a continuación son datos provisionales del INE para el año 2016 por lo que están sujetos a ciertas variaciones:

- VAB (Valor añadido bruto precios corrientes) (2016): 44.657 m€ (4,3% del total en 2016)
- Número de empresas (2016): 185.597 (5,73% del total en 2016)
- Número de trabajadores asalariados registrados en la seguridad social (2016): 648,8 (INE) (4,95% del total en 2016)
- Volumen de negocio (2016): 114.755 m€
- Inversión (2016): 9.883 m€

Según el INE (base 2010), en términos de Valor Añadido Bruto² a precios corrientes, la contribución del sector transporte¹ a la riqueza nacional se situó en aproximadamente el 4,3% del total (VAB total 2016 (estimación): 1.014,911 · 10⁹ €). Si se realiza un análisis por subsectores, en 2015 (último año con datos disponibles del sector servicios por desglose de sus sectores) sería el “transporte terrestre” el mayor contribuyente al VAB del sector transporte (47.286 m€) con un 49%, seguido del sector almacenamiento y actividades anexas al transporte con un 37%. Es decir, la contribución al valor añadido del sector transporte se concentra



Fuente: Fuente: Elaboración propia con base de datos OTLE (Cuentas Económicas INE)

Figura 15: Desglose VAB a precios corrientes (Base 2010) del sector transporte por subsectores (40,50,51,52,53) en 2015

principalmente en el transporte terrestre y las actividades de almacenamiento y anexas pues ambos subsectores representan en torno al 86% del VAB total (véase figura 15). Se puede apreciar pues el peso económico que tiene el sector transporte terrestre para la economía española representando cerca del 2,5% del VAB de la misma.

Para comprender mejor la importancia de la división 49 (Transporte terrestre y por tubería), en la **Tabla 2** se muestran los subgrupos que comprende:

Tabla 2. Transportes comprendidos dentro del sector 49

Sector 49 “Transporte terrestre y por tubería”	491: Transporte interurbano de viajeros por ferrocarril
	492: Transporte de mercancías por ferrocarril
	493: Otros transportes terrestres de viajeros
	494: Transporte de mercancías por carretera y servicios de mudanza
	495: Transporte por tubería

El alto impacto económico de la división 49 “Transporte terrestre y por tubería” (49% del VAB del sector en 2015) se debe principalmente a los subsectores de actividad de transporte por carretera tanto de mercancías como viajeros que engloba. En concreto, el subsector 494 (Transporte de mercancías por carretera y servicios de mudanza) representó en 2015 un 60% (14.022m€) del VAB total del sector 49 y un 29,8% del VAB del sector transporte en su totalidad. Es decir, casi una tercera parte del valor añadido económico del sector transporte al país proviene de actividades de transporte terrestre de mercancías por carretera. El subsector de actividad 493 (Otro transporte terrestre de viajeros) representó el 30,9% (7.244 m€) del VAB total de la división 49 y un 15,1% del VAB total del sector transporte en su totalidad (véase figura 16).

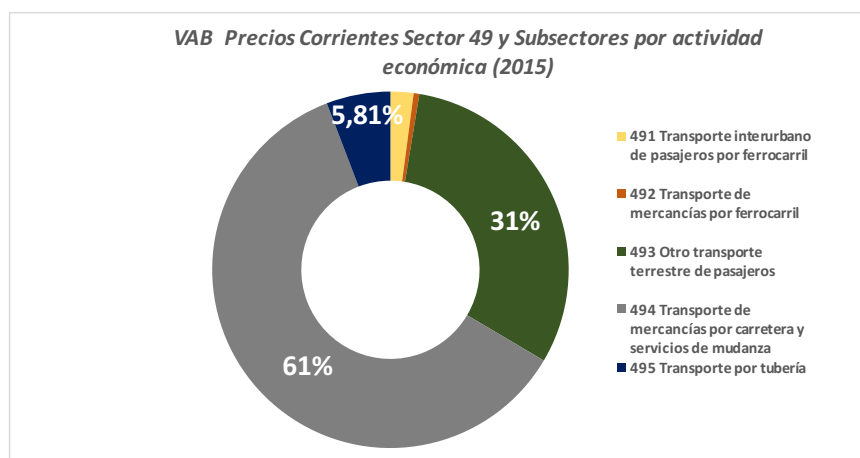


Figura 16: Desglose VAB a precios corrientes (Base 2010) del sector del subsector 49 por actividad económica en 2015
Fuente: Elaboración propia a partir de Resultados Nacionales INE (Cuentas Económicas INE)

Entre los subsectores de actividad 494 y 493 se concentra prácticamente toda la producción económica del sector, alcanzando un 92% del VAB del grupo 49 y un 45% del VAB total del sector transporte en su totalidad. Nótese que el peso económico de los otros subsectores de actividad (491, 492 y 495) es mínimo y apenas representan un 9% del VAB total del sector 49.

Es importante comprender la alta importancia económica del transporte terrestre de viajeros y mercancías pues como se observará a continuación, su repercusión en términos de movilidad, energéticos y medioambientales también es notable en territorio nacional. Para una mejor comprensión de las actividades que engloban estos dos subgrupos de (493 y 494) y entender así las repercusiones se detalla el siguiente desglose:

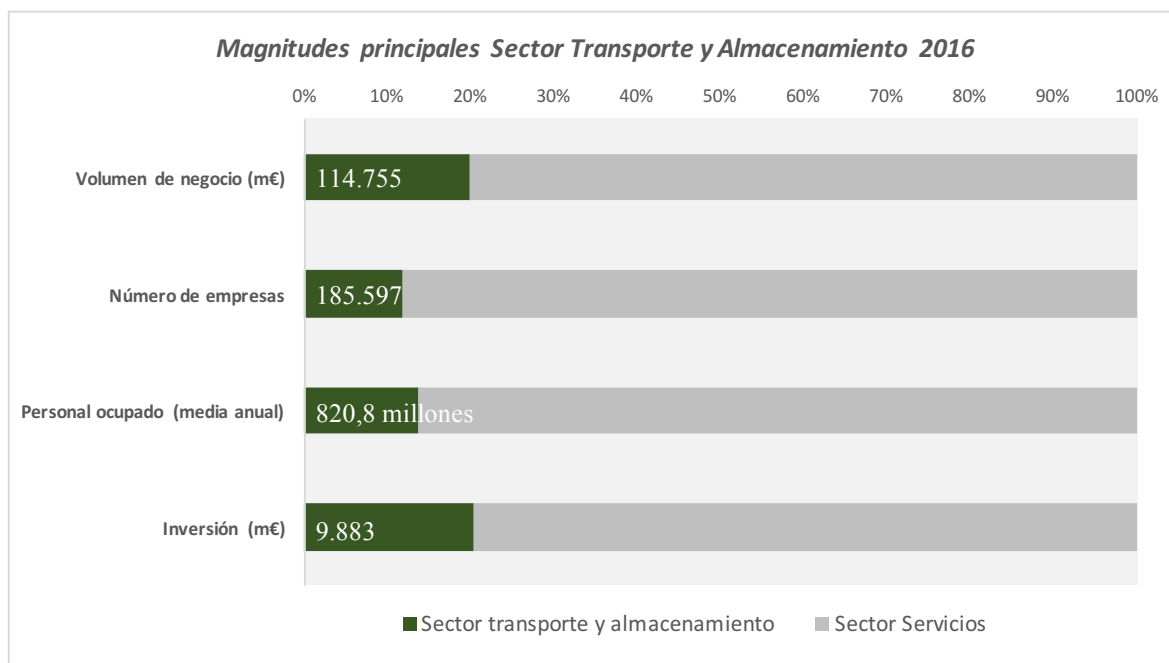
Tabla 3. Transportes comprendidos dentro del sector 494 y 493

Sector 494 “Transporte de mercancías por carretera y servicios de mudanza”	Transporte de lanzadera o viajes repetidos
	Transporte de reparto o recogida
	Transporte normal
	Alquiler camiones y furgonetas con conductor
	Servicio de almacenamiento, logística y organización de transporte
	Alquiler de camiones sin conductor
	Transporte de paquetes (hasta 20 Kg.)
	Otras actividades y servicios
Sector 493 “Otro transporte de viajeros”	Transporte urbano
	Transporte interurbano
	Transporte especial y discrecional

Error! Reference source not found.

El número de empresas en la actividad del transporte se situó en 2017 en 185.597, un 0,57% superior a la cifra recogida en 2016. Queda reflejado nuevamente la importancia del sector transporte terrestre en España alcanzando las 165.990 empresas en 2017 y representando el 85% del total de empresas recogidas en el Directorio Central de Empresas (INE) en el sector transporte y almacenamiento. El transporte marítimo y aéreo apenas representan el 0,3% y 0,1% respectivamente del total de empresas en este mismo sector. En 2016, el número de empresas del sector transporte y almacenamiento representaron el 13,33% del sector servicios.

En cuanto al empleo del sector, la ocupación media del año 2016 (según la Encuesta de Población Activa) alcanzó el millón de trabajadores, cifra notablemente superior (+6,7%) al año anterior y que se analizará en el epígrafe siguiente. Dicho aumento viene impulsado principalmente por el sector transporte terrestre (59,7% de los empleados en el sector) cuyo número de contrataciones aumentó en un 7% con respecto a 2015. El transporte aéreo sería el único que ha experimentado un crecimiento negativo (-9%) en el número de empleados totales con respecto a 2015. El volumen de negocio del sector transporte y almacenamiento en 2016, alcanzó los 114.755 m€ representando prácticamente la cuarta parte (24,78%) de la cifra de negocios del sector servicios en su totalidad en ese mismo año. En definitiva, la contribución del sector transporte al sector servicios (sector principal en España en términos de productividad, representando el 76,1% del total en 2016) es innegable. En la figura 17, se muestran los indicadores socioeconómicos del sector transporte y almacenamiento explicados anteriormente y su comparación con los totales del sector servicios.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Datos OTLE e INE
 Figura 17 Peso socioeconómico del sector transporte y almacenamiento (49,50,51,52)

El alto impacto económico del sector transporte a nivel nacional deriva en una demanda creciente de movilidad que debe ser satisfecha para así responder a las necesidades económicas, y sociales del país desde una perspectiva sostenible. Los flujos actuales de transporte tanto a nivel urbano como interurbano muestran una alta complejidad de la demanda en términos de número de viajeros, tipos de servicios, destinos y horarios. Aunque la oferta de movilidad en los diferentes servicios e infraestructuras se ha ampliado paulatinamente desde las Administraciones territoriales para satisfacer la creciente demanda y contribuir así la igualdad social y la generación de riqueza nacional, mantener una sostenibilidad medioambiental desligada de la demanda y oferta requiere de estrategias complejas.

Las tendencias en movilidad interior observadas en los últimos años son las siguientes:

Notable crecimiento de la demanda de viajeros (viajeros-km) tras la recuperación económica (véase figura 18). Aunque la demanda de viajeros crece en todos los modos, el transporte nacional por carretera y el aéreo son las que han experimentado un mayor crecimiento (+3,0% y +5,6% en 2016) entre 2014 y 2016. Nótese como la alta importancia económica del sector transporte terrestre se ve también reflejado en una demanda predominante de este modo (el 87% en términos de viajero-km en 2016). En cuanto al transporte ferroviario de viajeros, se observa una tendencia claramente alcista iniciada en el año 2010 y que se ha prolongado durante los seis años siguientes. Cabe destacar que el transporte por carretera que se muestra en la figura 18 se corresponde únicamente al ámbito interurbano entendido como pues la OTLE no incluye datos para el viario urbano a cargo de los ayuntamientos. Para estimar la demanda del transporte por carretera urbano a nivel nacional se hace necesario consultar el OMM (Observatorio de Movilidad Metropolitana).

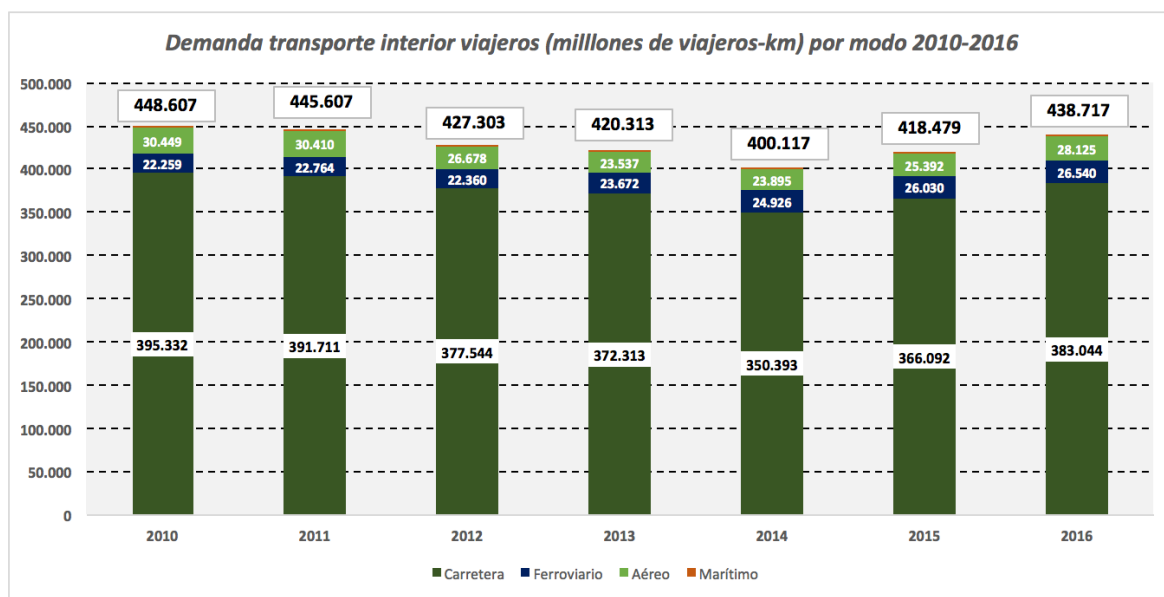
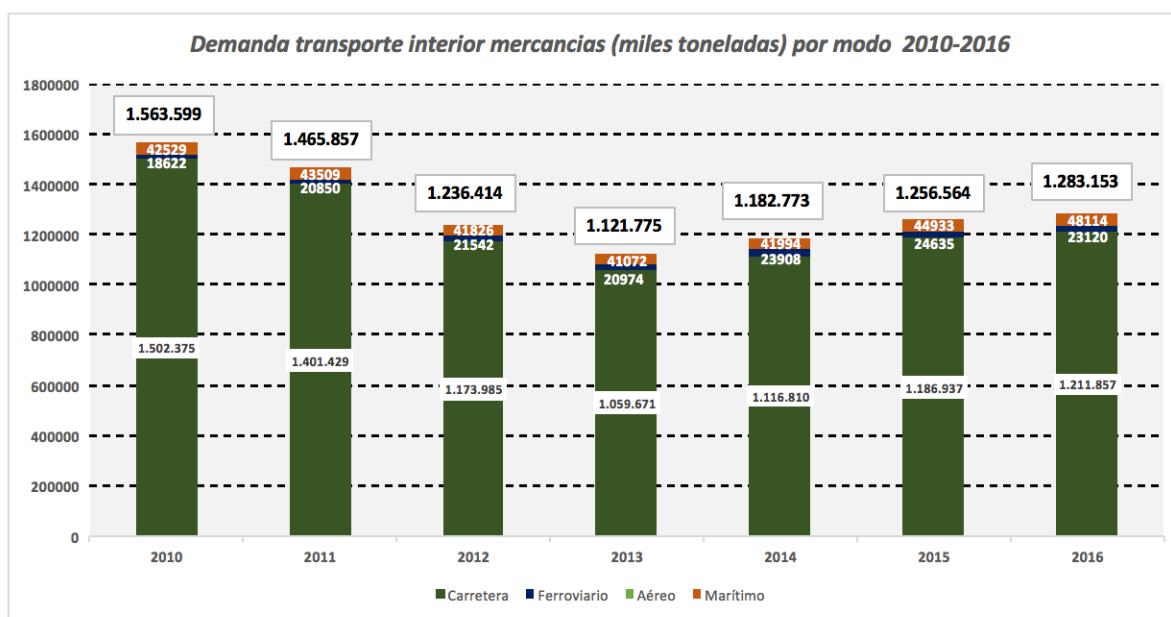


Figura 18: Demanda de transporte de viajeros por modo (millones de viajeros-km) entre 2010 y 2016.

Fuente: Elaboración propia a partir de *Base De Datos OTLE e INE*

Crecimiento de la demanda de mercancías (toneladas) tras la recuperación económica pero lejos de alcanzar las cifras pre-crisis (la demanda total 2007 se situó en 2.421.320 miles de toneladas). Igual que la demanda de viajeros, la demanda de transporte de mercancías por carretera entre 2014 y 2016 creció a una TCAC del +4,2%. El transporte de mercancías marítimo fue el modo que experimentó un mayor crecimiento (+7,25%) situándose en niveles próximos a los alcanzados en 2007. El transporte ferroviario de mercancías vio interrumpida su tendencia alcista experimentando una variación del -6,7% respecto al año anterior (véase figura 19).



Fuente: Elaboración propia a partir de *Base De Datos OTLE e INE*

Figura 19: Demanda de transporte de mercancías por modo (miles de toneladas) entre 2010 y 2016

La alta importancia del sector transporte terrestre para España no solo tiene un impacto económico asociado en gran parte a la demanda creciente de movilidad, sino uno ambiental y energético. Las tecnologías predominantes en España para vehículos terrestres son la motorización diésel (cuyo combustible principal es el gasóleo A) y la motorización gasolina (cuyo combustible principal es la gasolina usualmente con octanajes 95 o 98). La evolución de la flota de total vehículos (camiones y furgonetas, autobuses, turismos, motocicletas, tractores industriales, remolques, semirremolques y otros vehículos) que utilizan gasolina como fuente energética creció a una TCAC del +1,3% en los últimos 3 años. Algo similar sucedió con los vehículos diésel cuya TCAC, superior a la motorización por gasolina, alcanzó el +2,2% entre 2014 y 2016. (véase figura 20).

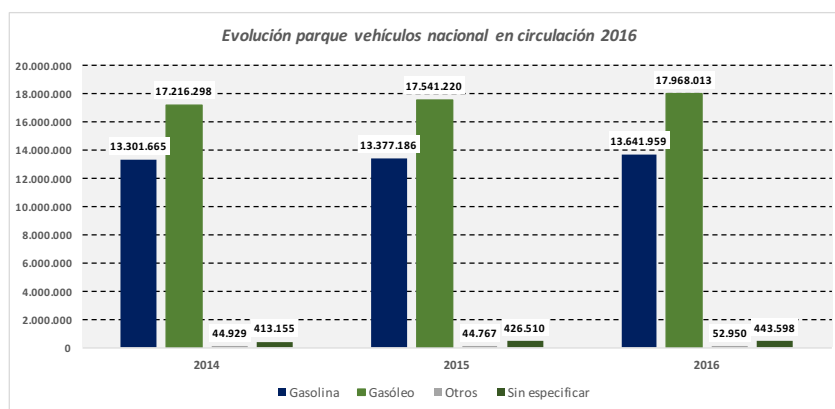


Figura 20: Evolución de la flota de vehículos por tipo de fuente energética entre 2014-2016
Fuente: Elaboración propia a partir de Base De Datos OTLE (Capital e Infraestructuras) e INE

En el último año (2016) con datos provisionales disponibles del INE, en el desglose de vehículos según su consumo energético destaca el peso de gasóleo cuya importancia como generador de emisiones contaminantes se ha puesto de manifiesto en el Capítulo 1. El diésel se sitúa como motorización predominante en el parque de vehículos español representando casi 3/5 de la flota total de vehículos. La flota de vehículos usuarios de gasolina se situó en torno al 42% en 2016 (véase figura 21). La categoría “otros” incluye vehículos impulsados por gas natural comprimido (GNC) o gas natural licuado (GNL), cuyo número se estimó en los 3.113 vehículos circulantes (2580 GLN / 533 GNC) en 2016 [ANFA16]. También se incluiría esta categoría los vehículos híbridos (HEV,) y eléctricos de batería (BEV, REEV, PHEV), cuyo número total de matriculaciones en territorio nacional se situó en las 31.019 y 4.746 respectivamente en 2016 según ANFAC [ANFA16].

Entre 2015 y 2016, las matriculaciones de vehículos eléctricos crecieron un +51,4% y las matriculaciones de vehículos híbridos un +67,73%. A la vista de estos crecimientos en el número de matriculaciones, es innegable la mayor penetración de tecnologías limpias como la eléctrica o híbrida en el parque de vehículos nacional. Sin embargo, como se puede observar en la figura 21, el recorrido hacía una penetración total del coche eléctrico para así cumplir con los objetivos de reducción de CO₂ en 2015 como proponen algunos expertos [DTTL18] es largo y complejo. España se sitúa actualmente fuera de la lista de los diez países de la Unión Europea (UE) con mayor parque de vehículos eléctricos e híbridos enchufables.

El reparto tecnológico actual en el sector transporte terrestre, donde el diésel y la gasolina predominan como combustibles, representa con claridad la alta repercusión de este sector económico en la intensidad energética en España, así como sus externalidades ambientales negativas.

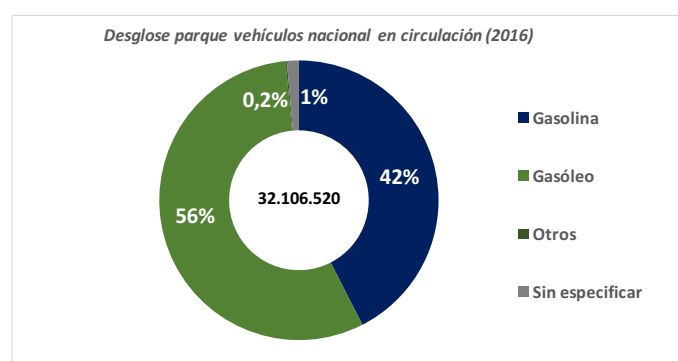


Figura 21 Desglose de la flota de vehículos por tipo de fuente energética en 2016 (último año disponible)
Fuente: Elaboración propia a partir de Base De Datos DGT

Si se compara el consumo energético final del sector transporte en España con el consumo de la UE, se puede observar que aun siendo este mismo sector el que más energía consume a nivel europeo, la proporción de consumo nacional supera a la europea (41,9% vs. 33,1%) [ANFA18]. Este elevado consumo energético por parte del sector transporte viene fomentado por una demanda de movilidad creciente tanto de viajeros como de mercancías, el uso de vehículo privado y el alto envejecimiento del parque automovilístico español con una antigüedad superior a los 10 años de media (la edad media de los turismos que circulan por España alcanza los 11,4 años, los vehículos comerciales ligeros los 12,1 y los industriales los 12,6). La edad media de la flota de turismos europea (EU-28) alcanzó los 10,7 años en 2015 según datos ACEA (European Automobile Manufacturers Association).

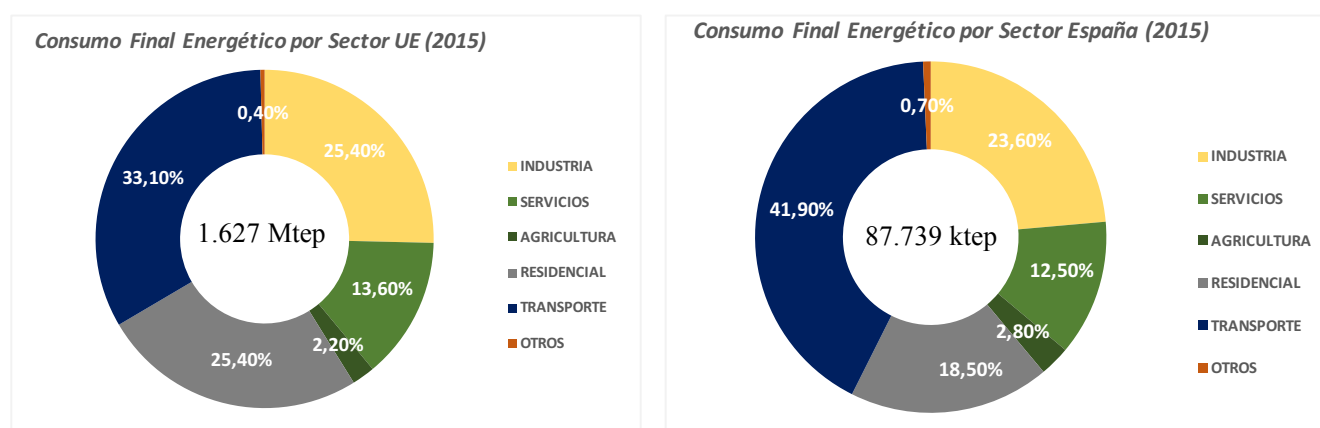


Figura 22 Desglose consumo energía final por sector en España y UE-28 en 2015
Fuente: Elaboración propia a partir de Base De Datos Eurostat

Como se puede observar en la figura 23, la edad media en el parque de vehículos industriales de la Unión Europea es menor en los países occidentales que en los orientales, con la excepción de España, Portugal y Grecia. La media europea de vehículos con menos de 5 años es superior al 50%. Este ranking es liderado por Alemania con más de un 80% de

vehículos, en el lado opuesto se encuentra Grecia con sólo un 10% de vehículos con esa edad media.

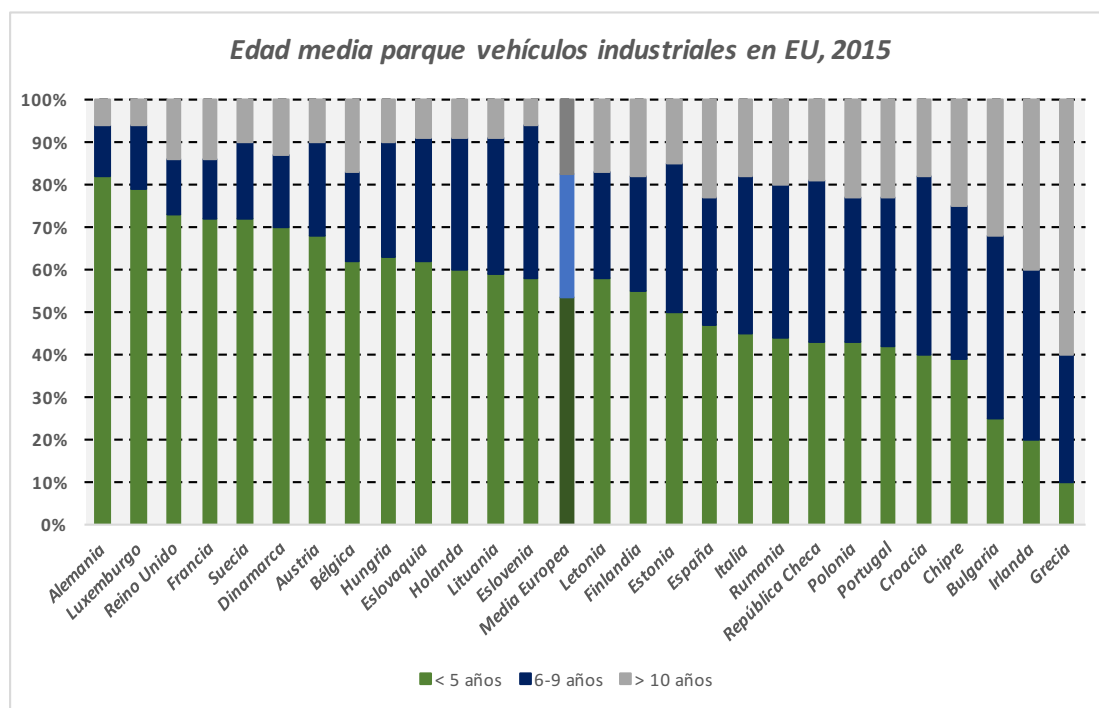


Figura 23 Edad media del parque de vehículos industriales en la Unión Europea en 2015.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat

Si se analiza la figura 24, la cual muestra la edad media del parque de vehículos de pasajeros y transporte ligero, Alemania sigue liderando el ranking con una media para vehículos de pasajeros y transporte de entre 7 y 9 años respectivamente. España con una media situada entre los 11 y 12 años está por debajo ligeramente de la media de la Unión Europea que se encuentra entre los 10,5 y 11 años respectivamente.

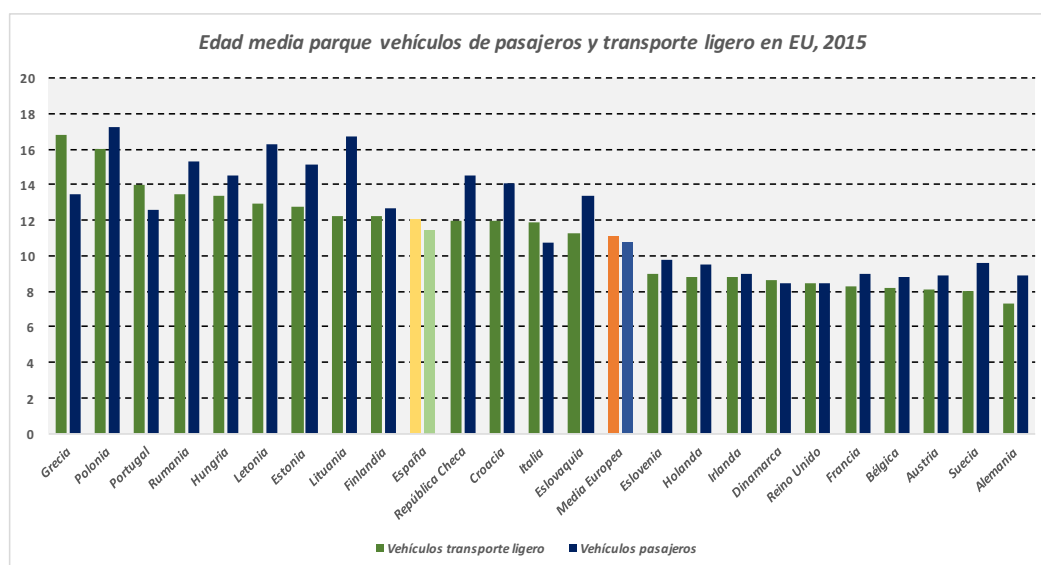
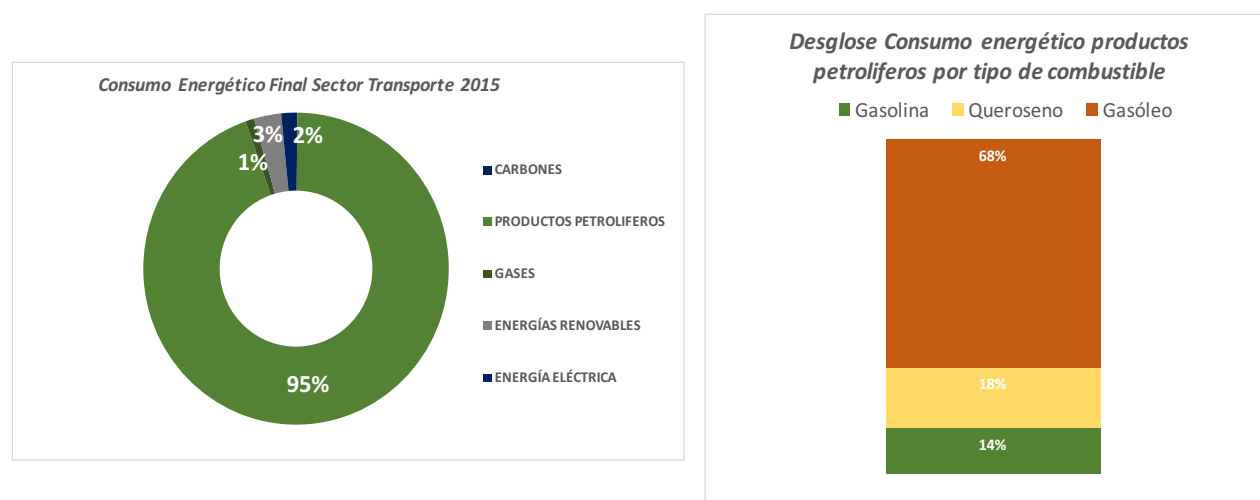


Figura 24 Edad media del parque de vehículos de pasajeros (turismos) y transporte ligero en la Unión Europea en 2015
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de European Automobile Manufacturers Association

Como es de esperar, el alto envejecimiento de la flota automovilística actual, la predominancia de tecnologías de motorización diésel y gasolina y la baja penetración del coche eléctrico entre otros factores, ligan el alto consumo energético final del sector transporte (41,9%) con productos petrolíferos. En concreto, el 95% del consumo final energético del sector transporte proviene de combustibles fósiles. Las energías renovables (biocarburantes) apenas representan un 3% del consumo total, seguido por la energía eléctrica (2%) y por último el gas natural (1%). (véase figura 25)

Si se realiza un desglose más detallado del consumo diferenciando entre los carburantes consumidos se puede observar como el gasóleo representa el 68% del consumo total, seguido por el queroseno (18%) y por último la gasolina (14%).



Fuente: elaboración propia a partir de Base De Datos IDAE 2017

Figura 25 Desglose consumo energía final sector transporte por tipo de energía y por tipo de combustible fósil

Considerando la predominancia de la tecnología diésel en el parque de vehículos en circulación (56% del total) era de esperar que el carburante más consumido fuese el gasóleo.

Sin embargo, el consumo de gasóleo es casi cinco veces superior al de gasolina (14% vs. 68%). Para entender el alto consumo de este carburante es necesario realizar un desglose de la flota de vehículos actual por tipo de vehículo pues la motorización de los vehículos destinados al transporte de viajeros y mercancías por carretera es generalmente diésel. Como se puede observar en la tabla 4 el rango de consumos medios de los vehículos diésel para el transporte de mercancías y viajeros se encuentra entre los 14 l y los 42 l para 100 km recorridos. Sin embargo, el consumo medio de un turismo gasolina (tipo de vehículo predominante con motorización gasolina en el parque de vehículos actual) se sitúa actualmente en 6,4 l según las estimaciones realizadas en el capítulo 6.

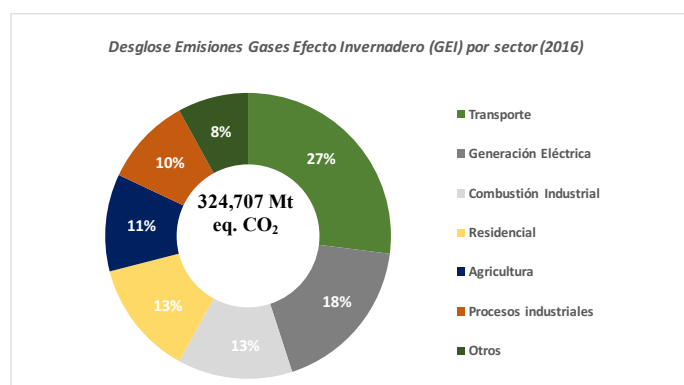
Tabla 4. Consumo medio vehículos diésel transporte viajeros/mercancías con motorización superior a 180 CV

Vehículo	Carga	Potencia	Circulación	Consumo
Trailer	40t	530 CV	Normal	35 l/100 km
Trailer	40t	460 CV	Normal	33 l/100 km
Trailer	40t	460 CV	Todoterreno	42 l/100 km
Trailer	40t	380 CV	Normal	32 l/100 km
Autobus	55 plazas	460 CV	Normal	26 l/100 km
Autobus	55 plazas	400 CV	Normal	24 l/100 km
Autobus	55 plazas	320 CV	Normal	23 l/100 km
Minibus	35 plazas	230 CV	Normal	19 l/100 km
Camión	24t	340 CV	Normal	26 l/100 km
Camión	18t	300 CV	Normal	23 l/100 km
Camión	7,5t	230 CV	Normal	21 l/100 km
Furgón	3,5t	180 CV	Normal	14l/100 km

Fuente: Elaboración propia a partir de “Guía para la gestión de combustibles en las flotas de Transporte por Carretera (IDAE)”

Un análisis más detallado de la flota de vehículos terrestres actual por tipo de vehículo y de tecnología se realizará en los capítulos 3, 4 y 5.

Las emisiones totales brutas (sin “Usos de suelo, cambios de usos de suelo y silvicultura”) de GEI en España en 2016 alcanzaron los 324,707 Mt CO₂ eq. El sector transporte se sitúa como el principal sector contaminante representando un 27% total de las emisiones totales. El resto de sectores se han mantenido en niveles similares al año anterior [MAPA18]

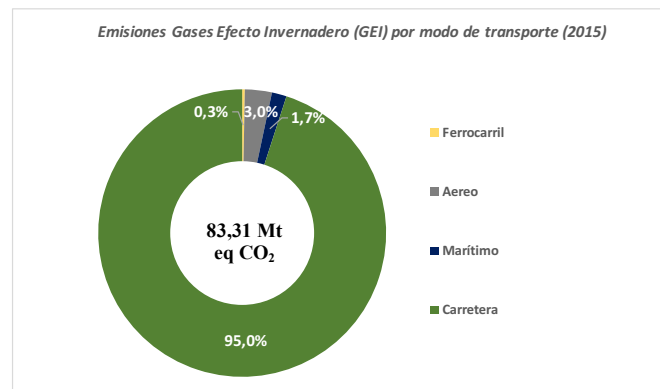


Fuente: Elaboración propia a partir de *Mapama (Inventario Nacional de Emisiones de la Atmosfera) Serie 1990-2016*

Figura 26 Desglose emisiones por sector en España 2016

Las emisiones de GEI del sector transporte en su totalidad (ferrocarril, aéreo, marítimo, carretera) alcanzaron los 86,36 Mt CO₂ eq. en 2016, cifra un 3,6% superior a las registradas el

año anterior. El transporte por carretera fue el principal responsable de este crecimiento pues es el principal contribuyente a las emisiones totales de CO₂ con un 25% del total y experimentó una subida interanual del 2,5% en lo que a emisiones se refiere. Como se puede apreciar en la figura 27 y en consonancia con el elevado consumo de carburantes por parte del transporte terrestre, en torno al 95% de las emisiones totales de gases efecto invernadero en 2015 provinieron del transporte por carretera seguido por el transporte aéreo (3%) y el marítimo (3%).



Fuente: Elaboración propia a partir de *Mapama (EEA greenhouse gases data viewer)*
 Figura 27 Desglose de emisiones totales de GEI por modo de transporte en 2015

Si el Gobierno Español se plantea cumplir con su compromiso de reducir las emisiones totales provenientes de sectores difusos, entre los que se encuentra el transporte, a niveles un 26% inferiores a los alcanzados en 2005, se hace necesario implementar estrategias efectivas para disminuir las emisiones del sector transporte hasta los 64 Mt eq. CO₂ en 2030 siempre y cuando se realice un esfuerzo proporcional desde este mismo sector. De hecho, en el año 2015, el sector transporte supuso casi la mitad (48%) de las emisiones totales provenientes de sectores difusos (195,5 MtCO₂), seguido por la agricultura (18%) y el sector residencial, comercial e institucional (14%) [MAPA15]

CAPÍTULO 3. Estudio del transporte de viajeros terrestre a nivel urbano

El objetivo de este capítulo es caracterizar el comportamiento del transporte de viajeros a nivel urbano. Para ello, se consultarán diferentes bases de datos disponibles y extraerán datos contrastados que permitan desglosar la movilidad urbana por modo y por región geográfica a nivel urbano.

3.1. Definición de transporte urbano de viajeros y sus modos

A día de hoy, cerca del 55% de la población mundial habita en las ciudades y se espera que para el año 2050 el 70% de la población habite en núcleos urbanos. Además, es en los núcleos urbanos donde generalmente se concentra el tejido productivo y por ende el mayor consumo energético (alrededor de un 70% del consumo energético mundial se da en las ciudades y sus alrededores) y emisiones medioambientales. Por ello, es imposible conseguir un planeta sostenible sin conseguir previamente que nuestras ciudades lo sean. Es innegable el cada vez mayor protagonismo de la movilidad urbana en un país como España. En el año 2016, España recibió cerca de 81,8 millones de turistas (según cifras oficiales del INE) y 79,9% de la población española ya reside en áreas o aglomeraciones urbanas [GISB15]. Ante esta creciente demanda de movilidad urbana, se hacen necesarios modelos de movilidad económicamente eficientes basados en sistemas de transporte sostenibles que aseguren altos niveles de bienestar sin comprometer el medio ambiente. Este modelo de movilidad urbana sostenible debe desarrollarse de forma que se satisfagan tres dimensiones muy diferentes, pero altamente dependientes entre sí. La dimensión económica (competitividad económica de los modos de transporte urbano manteniendo altas eficiencias energéticas), la dimensión social (se debe garantizar un desarrollo demográfico equitativo e integrado que facilite la accesibilidad y habitabilidad en esos núcleos urbanos) y por último la dimensión ambiental (reducción de la contaminación atmosférica en todas sus formas ya sea mediante la reducción de GEI y otras emisiones contaminantes, del ruido o del impacto sobre el ecosistema en el que se desarrollaran las infraestructuras). Un conocimiento detallado del comportamiento de la movilidad urbana tanto privada como pública es necesario para poder analizar las posibles estrategias y planes de acción a implementar. El objetivo de este capítulo es recopilar y estudiar los patrones de demanda actuales del transporte urbano de viajeros en sus diferentes modos, tanto públicos como privados. Una vez conocido dicho patrón para cada modo de transporte, se intentará estudiar su impacto energético y medioambiental en todo el territorio urbano nacional.

3.2. Datos disponibles por modo de transporte público urbano de viajeros

A continuación, se desglosarán los datos disponibles por modo de transporte urbano que se han recopilado de las diferentes fuentes consultadas. El primer dato que se obtuvo fue la población de las áreas a estudiar diferenciando entre dos poblaciones diferentes que permitirán entender mejor el comportamiento del transporte:

- “*Población capital*” a la población que reside en el núcleo urbano de la ciudad.

- “*Población área metropolitana funcional*” a la población que reside en el área metropolitana de la ciudad. Es decir, la población que reside en la capital o núcleo urbano más la población que reside en la periferia o ciudades dormitorio.

Esta diferenciación se realiza porque en general, los datos disponibles se corresponden con transporte “metropolitano”. Estos datos incluyen servicios de transporte público tanto a nivel urbano (ej. autobús urbano que da servicio en el centro de la ciudad) como metropolitano (ej. autobús metropolitano, cercanías Renfe y en algunas áreas el metro). Además, los últimos datos disponibles de transporte metropolitano se corresponden al año 2015.

Áreas metropolitanas de las que se disponen datos:

1. Madrid, 2. Barcelona, 3. Valencia, 4. Sevilla, 5. Vizcaya, 6. Asturias, 7. Málaga, 8. Mallorca, 9. Zaragoza, 10. Bahía de Cádiz, 11. Guipúzcoa, 12. Tarragona, 13. Granada, 14. Alicante, 15. Lleida, 16. Pamplona, 17. Campo de Gibraltar, 18. A Coruña, 19. Jaén, 20. León y 21. Cáceres

Los datos de población obtenidos para “población capital” se han obtenido de la siguiente base de datos:

- Instituto Nacional de Estadística (INE) “Población capitales de provincia y sexo”: se han extraído datos de la población en 2015 de todas capitales de provincia a estudiar.

Los datos de población obtenidos “para la población del área metropolitana” se han extraído de dos bases de datos diferentes:

- Instituto Nacional de Estadística (INE) “Áreas Metropolitanas Funcionales”: se han extraído datos de la población en 2013 (último año disponible) de las siguientes áreas metropolitanas: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Bilbao, Málaga, Zaragoza, Mallorca, Alicante, Pamplona.
- AUDES (Áreas urbanas de España 2016): se han extraído datos de la población en 2016 de las siguientes áreas metropolitanas: Vizcaya, Asturias, Bahía de Cádiz, Guipúzcoa, Tarragona, Granada, Lleida, Gibraltar, A Coruña, Jaén, León y Cáceres.

Los datos de población obtenidos para cada área metropolitana y capital se presentan a continuación:

Tabla 5. Desglose población residente en área metropolitanas y población residente en capitales

	Poblacion residente area metropolitana	Poblacion capital
Fuente: INE	2013	INE: 2015
Area Metropolitana Funcional de Madrid	6.569.530	3.141.991
Area Metropolitana Funcional de Barcelona	4.917.162	1.604.555
Area Metropolitana Funcional de Valencia	1.631.202	786.189
Area Metropolitana Funcional de Sevilla	1.413.882	693.878
Area Metropolitana Funcional de Bilbao	1.031.440	345.141
Area Metropolitana Funcional de Málaga	850.556	569.130
Area Metropolitana Funcional de Zaragoza	766.171	664.953
Area Metropolitana Funcional de Palma de Mallorca	680.516	400.578
Area Metropolitana Funcional de Alicante/Alacant	464.061	328.648
Area Metropolitana Funcional de Pamplona/Iruña	367.161	195.853
Fuente: AUDES (Áreas urbanas de España)	2016	INE: 2015
Area Metropolitana Funcional de Asturias	863.050	221.870
Area Metropolitana Funcional de Granada	498.365	235.800
Area Metropolitana Funcional de Tarragona	456.042	131.255
Area Metropolitana Funcional de Bahía de Cadiz	425.462	120.468
Area Metropolitana Funcional de A coruña	408.068	243.870
Area Metropolitana Funcional de Jaen	191.652	115.395
Area Metropolitana Funcional de León	201.987	127.817
Area Metropolitana Funcional de Gibraltar	254.570	118.920
Area Metropolitana Funcional de Guipuzcoa	756.980	186.095
Area Metropolitana Funcional de Lleida	201.391	138.542
Area Metropolitana Funcional de Cáceres	106.066	95.617

En estas áreas metropolitanas (**Tabla 5**) reside una población de 23,05 millones de habitantes (53,2% de la población total en España). Los resultados obtenidos a partir de un análisis usando esta muestra no son concluyentes para todo el territorio nacional. Sin embargo, sí que recogen una imagen fiable del comportamiento de movilidad a nivel metropolitano. Para el análisis del modo privado a nivel urbano (coche y moto) se ha hecho necesario estudiar la población que reside en las capitales de provincia españolas. Como se verá en el epígrafe correspondiente, no todas las capitales de provincia tienen un área metropolitana definida y no existe una fuente completa y fiable que recoja la población de todas estas áreas metropolitanas. Sin embargo, según los resultados obtenidos, la población total que reside en las capitales de provincia españolas considerando el ámbito metropolitano alcanza los 28,92 millones de habitantes. Por tanto, los hábitos de movilidad de los 23,05 millones de habitantes en áreas urbanas que recoge este estudio representan los hábitos del 79,9% de toda la población española que reside en dichas áreas (siendo 28,92 millones el total).

3.2.1. Transporte público urbano de viajeros

Se incluyen dentro de transporte público los siguientes modos de transporte: autobús urbano, otro autobús urbano, autobús metropolitano, metro, tranvía, cercanías RENFE y ferrocarril.

Las fuentes consultadas para caracterizar el transporte en autobús urbano fueron las siguientes:

Tabla 6. Fuentes consultadas y datos extraídos para autobús urbano y metropolitano en España

Fuente de datos consultada	Datos extraídos
OTLE (urbano capital, otros urbanos y metropolitano). Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=463	Número de líneas de autobús por área metropolitana y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano)
OTLE (articulado, microbús y estándar) y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano). Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=464	Material móvil (autobuses urbanos capital y metropolitanos) existentes
OTLE. Transporte (millones viajeros-km) y millones viajes línea. Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=466	Demanda transporte (viajeros-km y millones viaje-línea) por ciudad y ámbito (urbano, otros urbano y metropolitano)
OTLE Oferta y demanda (plazas-kilómetro, vehículos-kilómetro, viajeros-kilómetro y viajes-línea) por área metropolitana y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano) Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=467	Oferta y demanda (plazas-kilómetro, vehículos-kilómetro, viajeros-kilómetro y viajes-línea) por área metropolitana y ámbito (urbano capital, otros urbano y metropolitano)

3.2.2. Transporte urbano público ferroviario: Metro/Tranvía/Metro Ligero

Las fuentes consultadas para caracterizar el transporte en ferrocarril urbano fueron las siguientes:

Tabla 7. Fuentes consultadas y datos extraídos para transporte en metro tranvía y metro ligero en España

Fuente de datos consultada	Datos extraídos
OTLE (urbano capital, otros urbanos y metropolitano). Años disponibles: 2003-2015 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=470	Oferta y demanda (plazas-kilómetro, vehículos-kilómetro, viajes-red, viajeros-kilómetro y recorrido medio) por área metropolitana y tipo de transporte ferroviario (metro y tranvía/metro ligero)
Observatorio de la movilidad metropolitana. Años disponibles: 2003-2015	Distancia media por viaje: 5,9 km/metro y 4,2 km/tranvía y metro ligero

El desarrollo de infraestructuras de los modos de transporte ferroviario a nivel metropolitano no alcanza todas las áreas estudiadas. Por ello únicamente se ofrecen servicios de transporte ferroviario urbano en las siguientes áreas:

1. Madrid (metro y metro ligero) / 2. Barcelona (metro, metro ligero y tranvía) / 3. Valencia (metro y tranvía) / 4. Murcia (tranvía: no hay datos disponibles) / 5. Sevilla (metro y tranvía) / 6. Málaga (metro) / 7. Mallorca (metro) / 8. Vizcaya (metro: no hay datos disponibles) / 9. Zaragoza (tranvía) / 10. Alicante (tranvía) / 11. A Coruña (metro ligero: no hay datos disponibles).

3.2.3. Transporte público urbano: Cercanías Renfe

Se considera transporte de viajeros de cercanías al realizado en trenes o grupo de trenes en los que el recorrido medio del viajero es inferior a 60 km.

Las fuentes consultadas para caracterizar el transporte por cercanías fueron las siguientes:

Tabla 8. Fuentes consultadas y datos extraídos para transporte en Cercanías operador Renfe

Fuente de datos consultadas	Datos extraídos
OTLE Transporte ferroviario de viajeros (viajeros y viajeros-kilómetro) por tipo de servicio Años disponibles: 2003-2016 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=434	Demanda (miles de viajeros y millones de viajeros-km) total media y larga incluidas (no hay desglose por provincias)
Ministerio de Fomento. Renfe Operadora. Cercanías. Años disponibles: 2013-2017 http://www.fomento.gob.es/BE/?nivel=2&orden=07000000	Demanda (millones de viajeros-km) en Madrid, Barcelona, Urbano e Interurbano (no incluye otros núcleos operados por Renfe)
OTLE: Transporte ferroviario de viajeros (viajeros, viajeros-kilómetro, recorrido medio viajero, aprovechamiento y viajeros por tren) de cercanías por operador. Años disponibles: 2010-2016 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=296	Demanda (viajeros-km/ recorrido medio viajero/ aprovechamiento/ viajero por tren/ viajeros totales) por operador: Renfe Cercanías, Renfe Métrica, FGC, Euskotren
Observatorio del ferrocarril en España. Página 129. Años disponibles. 2009-2015 https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/2D6FF366-18BE-4D71-9C0B-DFA456575AFB/142179/Informe_OFE2015.pdf	Demanda (miles de viajeros en áreas explotadas por Renfe cercanías)
INECO: Revisión de los servicios ferroviarios de viajeros declarados como Obligación de Servicio Público. Página. 271. Año disponible: 2015 https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/B3B646F0-7BDF-46CC-869A-C01FFFD88EDD/148034/EstudioOSP2017.pdf	Demanda servicios ferroviarios cercanías en 2015 (miles de viajeros y viajeros-km en núcleos operados por Renfe: Madrid, Asturias, Santander, Bilbao, San Sebastián, Sevilla, Málaga, Cádiz, Valencia, Murcia-Alicante y Zaragoza).
Observatorio del ferrocarril en España 2016. Página 123. Años disponibles: 2009-2016. https://www.vialibre-ffe.com/pdf/Informe_OFE2016.pdf	Demanda servicio cercanías Renfe en 2016 (miles de viajeros) en núcleos operados por Renfe: Barcelona, Bilbao, Valencia, Sevilla, Asturias, Santander, San Sebastián, Zaragoza, Murcia-Alicante, Cádiz y Málaga

Ámbito geográfico de cada operador de cercanías:

- **Renfe Cercanías** gestiona un total de 12 redes de cercanías en las siguientes áreas metropolitanas españolas: *Madrid, Barcelona, Bilbao, Valencia, Sevilla, Asturias, Santander, San Sebastián, Zaragoza, Murcia-Alicante, Cádiz y Malanga.*
- **Renfe Métrica** gestiona un total de 12 líneas de cercanías entre las siguientes áreas urbanas de Asturias, Cantabria, Galicia, Castilla, León, País Vasco y Murcia: *Ferrol, Gijón, Oviedo, Santander, Bilbao, León y Cartagena.*

- **FGC (Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya)** gestiona un total de 13 líneas de cercanías entre las siguientes áreas metropolitanas de Cataluña: *Manresa, Igualada, Barcelona, Sabadell y Can Roca*.
- **Euskotren** gestiona un total de 5 líneas de cercanías entre las siguientes áreas metropolitanas del País Vasco: *Bilbao-Bermeo, Bilbao-Lezama, Bilbao-San Sebastián, Lasarte-Hendaya y Ermua-Eibar*.

3.2.4. Transporte público urbano: Taxi

Las fuentes consultadas para caracterizar el transporte por taxi fueron las siguientes:

Tabla 9. Fuentes consultadas y datos extraídos del transporte público en Taxi

Transporte urbano público: Taxi	
Fuente de datos	Datos extraídos
Vectio. Estudio del servicio de Taxi en Madrid. Ayuntamiento de Madrid: <i>Años disponibles</i> : 2007 y 2016 http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidadTransportes/TAXI/Ficheros/Otros/Ayto%20Madrid%20%20C2%B7%20Estudio%20del%20Servicio%20del%20Taxi.pdf	Distribución flota de vehículos taxi Madrid según combustible Ratio licencias de taxi/habitante Recorrido medio por viaje Número medio de carreras/día Ocupación persona/carrera
Gesman. Ingeniería de Gestion S.L. Encuesta de la situación del Taxi en la APC de Valencia. http://www.habitatge.gva.es/documents/20081096/163968245/Estudio+sector+del+taxi+APC+Val%C3%A8ncia/48a3838e-35db-4e5d-b789-3c7e8b3a0e46 .	Recorrido medio por viaje Número medio de carreras/día
Instituto Nacional de Estadística (INE)/Servicios/Transporte/Estadística del taxi: <i>Años disponibles</i> : http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t10/p109/l0/&file=0001.px&L=0	Material móvil: número de turismos de servicio público por comunidad autónoma

3.3. Extracción y homogeneización de datos: transporte privado y público de viajeros en sus diferentes modos a nivel urbano

En este apartado se realizará un análisis de los datos extraídos para el caracterizar el transporte público y privado a nivel urbano. En primer lugar, se realizará un estudio de demanda de movilidad para aquellas áreas geográficas de las que se disponen datos.

3.3.1. Homogeneización de datos: transporte público urbano de viajeros

Los modos de transporte público urbano de los cuales se han obtenido datos contrastados son:

- **Autobuses urbanos metropolitanos:** prestan servicio en los diferentes municipios del área metropolitana. Ej.: en Pamplona un mismo servicio de autobús opera tanto para Pamplona como para el resto de municipios de la comarca por lo que no puede hablarse de autobús urbano o autobús metropolitano.
- **Otros autobuses urbanos:** se corresponden a autobuses urbanos de municipios colindantes con la capital que también prestan un servicio de transporte en la misma. Ej.: los servicios de autobuses de Alcalá de Guadaira o Dos Hermanas (municipios colindantes a Sevilla capital), o entre Tarragona y Reus se incluyen en esta categoría.
- **Autobuses urbanos capital:** autobuses urbanos que presta servicios exclusivamente en el ámbito urbano de la capital. No existe servicio intermunicipal.

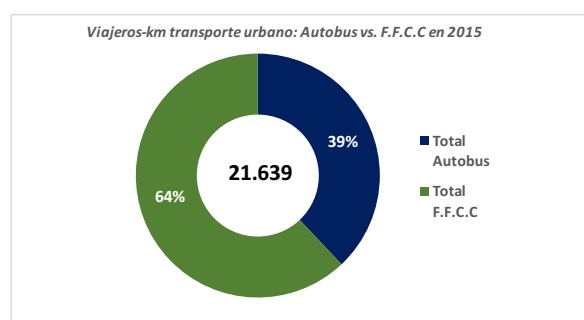
- **Metro, Tranvía/metro ligero:** servicios de ferrocarril público exclusivo al ámbito urbano de la capital. Nótese que en algunas capitales únicamente se ofrece el servicio de metro (Ej. Mallorca) o de tranvía/metro ligero (Ej. Zaragoza) y en otros ambos servicios (Ej. Madrid)
- **Cercanías:** servicio de ferrocarril público (Renfe, FGC, Métrica y Euskotren) generalmente de ámbito metropolitano que ofrece transporte entre municipios colindantes.
- **Taxi:** vehículo que ofrece servicios de transporte a un viajero o grupos de viajeros los cuales determinan el destino a cambio de una remuneración. Aunque este servicio se puede dar a nivel interurbano (carretera) su ámbito predominante es el urbano y especialmente la zona capital.

Tras analizar las diferentes fuentes de datos se han conseguido encontrar los siguientes parámetros en términos de demanda de transporte público urbano: viajeros-km por modo de transporte público explicado anteriormente en el año 2015 para un total de 21 núcleos urbanos. En estos núcleos urbanos la demanda alcanzó los 21.639,91 millones de viajeros-km (suma de todos los kilómetros recorridos por cada viajero) en 2015. De esos 21.639 millones de viajeros-km, el modo predominante es el ferroviario con un 64% de los kilómetros recorridos (13.851,3 km) pues en general la longitud recorrida es superior, mientras que el autobús en sus diferentes ámbitos (urbano capital, metropolitano y otros urbanos) apenas alcanza el 39% (8.480,5 km) de la distancia recorrida por los usuarios.

Tabla 10. Desglose demanda movilidad transporte público por modo en las diferentes áreas metropolitanas estudiadas en 2015

Millones de viajeros-km (2015)									
	Autobús urbano capital	Otros autobuses urbanos	Autobús metropolitano	Metro	Tranvía/ metro ligero	Cercanías Renfe	Total Autobus	Total F.F.C.C	Total
Madrid	1.041,7	n.a.	2.707,1	3.627,9	73,4	3.929,6	3.748,8	7.630,9	11.379,7
Barcelona	538,7	728,8	456,8	2.014,9	67,9	2.266,5	1.724,3	4.349,3	6.073,6
Valencia	360,8	13,8	136,5	400,8	42,5	511,2	511,1	954,5	1.465,6
Murcia	n.d.	n.a.	n.d.	n.a.	n.a.	144,7	n.d.	144,7	144,7
Sevilla	255,5	3,7	152,9	79,3	3,9	167,1	412,1	250,3	662,4
Bizkaia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	97,6	n.d.	97,6	97,6
Asturias	138,6	112,4	n.d.	n.a.	n.a.	99,0	251,0	99,0	350,0
Málaga	241,0	n.a.	101,8	25,0	n.a.	166,3	342,8	191,3	534,1
Mallorca	497,6	n.a.	189,5	4,4	n.a.	n.a.	687,1	4,4	691,5
Zaragoza	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	n.d.	2,9	n.d.	2,9	2,9
Gipuzkoa	197,4	n.a.	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	197,4	n.a.	n.a.
Alicante	37,2	n.a.	22,3	n.a.	n.a.	n.a.	n.d.	n.a.	n.a.
Bahía de	n.d.	n.a.	111,0	n.a.	n.a.	67,1	111,0	67,1	178,1
Granada	n.d.	n.a.	127,8	n.a.	n.a.	n.a.	127,8	n.a.	n.a.
Alicante	n.d.	n.a.	n.d.	n.a.	59,7	n.a.	n.d.	59,7	59,7
Lleida	n.d.	n.a.	39,0	n.a.	n.a.	n.a.	39,0	n.a.	n.a.
Pamplona	120,9	n.a.	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	120,9	n.a.	n.a.
Gibraltar	n.a.	3,6	18,6	n.a.	n.a.	n.a.	22,2	n.a.	n.a.
A Coruña	75,2	n.a.	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	75,2	n.a.	n.a.
León	26,6	n.a.	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	26,6	n.a.	n.a.
Cáceres	83,0	n.a.	n.d.	n.a.	n.a.	n.a.	83,0	n.a.	n.a.
									21.639,9

Fuente: elaboración propia a partir de la base de datos OTLE (Ministerio de fomento) para los diferentes modos



Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos OTLE (Ministerio de fomento) para los diferentes
 Figura 28 Comparación demanda (viajeros-km transportados) autobús y ferrocarril en 2015

El siguiente dato a analizar es el número de viajes realizado por usuario en cada modo de transporte en las áreas urbanas estudiadas. La variable que mide el número de viajes realizados en autobús se denomina “viajes-línea” y se entiende como el número de veces que un viajero realiza en un viaje. Por otro lado, la variable que mide el número de viajes en ferrocarril se denomina “viajes-red” y mide el número de veces que un viajero realiza ese mismo recorrido/red en ferrocarril. En total, se realizaron aproximadamente unos 3.151 millones de viajes en las áreas estudiadas durante 2015. El reparto modal de esos viajes fue el siguiente, 1.666 millones en autobús, 1.103 millones en metro y 381 millones en cercanías Renfe. Cabe destacar como los principales núcleos urbanos, Madrid y Barcelona, absorben la mayor una gran parte demanda de transporte público urbano con el metro. Sus respectivas demandas suponen un 54% y 39% de los desplazamientos totales en dichas ciudades y (un 92% del total).

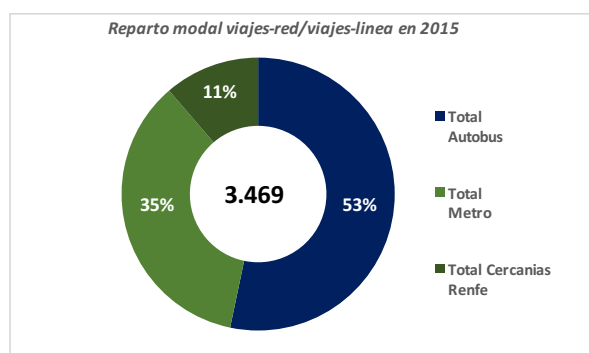
Tabla 11. Millones de viajes línea (autobús) y viajes-red (ferrocarril) en 2015 por modo de transporte.

	Autobús urbano capital	Otros autobuses urbanos	Autobús metropolitano	Metro	Tranvía /metro ligero	Cercanías Renfe	Total Autobus	Total Metro	Total Cercanías Renfe	Total
Madrid	405,9	204,0	204,0	575,6	14,7	227,8	813,9	590,3	227,8	1.632,0
Barcelona	192,4	117,5	32,4	403,0	25,4	106,6	342,3	428,4	106,6	877,3
Valencia	88,3	1,0	9,2	51,8	8,9	15,9	98,5	60,7	15,9	175,1
Sevilla	75,6	1,1	9,8	14,9	3,1	7,5	86,5	18,0	7,5	112,0
Bizkaia	26,1	1,1	26,1	87,5	2,9	10,2	53,3	90,4	10,2	153,9
Asturias	11,3	18,2	14,3	n.a.	n.a.	5,1	43,8	n.a.	5,1	48,9
Málaga	48,4	n.a.	10,2	5,0	n.a.	9,9	58,6	5,0	9,9	73,5
Mallorca	39,2	n.a.	8,8	0,7	n.a.	n.a.	48,0	0,7	n.a.	48,7
Zaragoza	88,0	n.a.	n.d.	n.a.	27,6	2,8	88,0	27,6	2,8	118,4
Gipuzkoa	28,2	n.a.	22,7	n.a.	n.a.	0,3	50,9	n.a.	0,3	51,2
Cádiz	n.d.	n.a.	4,7	n.a.	n.a.	6,2	4,7	n.a.	6,2	10,9
Tarragona	9,1	2,3	6,8	n.a.	n.a.	n.a.	18,2	n.a.	n.a.	18,2
Granada	33,2	0,1	9,4	n.a.	7,3	n.a.	42,7	7,3	n.a.	50,0
Alicante	14,9	n.a.	7,1	n.a.	n.a.	n.a.	22,0	n.a.	n.a.	22,0
Lleida	6,1	n.a.	1,9	n.a.	n.a.	n.a.	8,0	n.a.	n.a.	8,0
Pamplona	34,1	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	34,1	n.a.	n.a.	34,1
Gibraltar	n.a.	4,1	1,2	n.a.	n.a.	n.a.	5,3	n.a.	n.a.	5,3
A Coruña	20,9	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	20,9	n.a.	n.a.	20,9
León	4,0	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,0	n.a.	n.a.	4,0
Cáceres	4,2	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	4,2	n.a.	n.a.	4,2
Jaén	n.a.	n.a.	1,2	n.a.	n.a.	n.a.	1,2	n.a.	n.a.	1,2

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos OTLE (Ministerio de Fomento) para los diferentes modos de transporte.

En 2015, el autobús sigue siendo el modo de transporte público “urbano” que más absorbe la demanda seguido por el metro y el servicio de ferrocarril de cercanías. Aun así, la infraestructura de metro no está ampliamente desarrollada en todos los núcleos actuales,

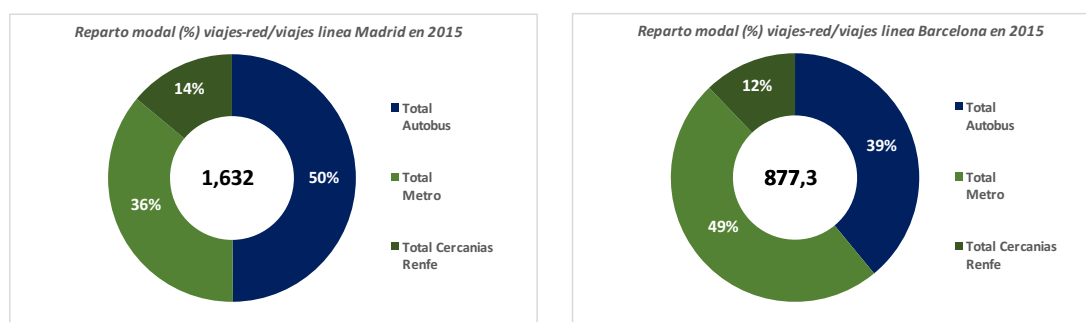
únicamente cuentan con servicio de metro seis capitales de provincia en España (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga, Bilbao, Granada y Mallorca). Además, el desarrollo de la red ferroviaria, así como la población total de estas ciudades difiere completamente haciendo complicado una comparación de la demanda. Sin embargo, es indiscutible que las ciudades que han logrado desarrollar una red de metro eficiente y fiable, han absorbido gran parte de la demanda.



Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de datos OTLE (Ministerio de fomento)

Figura 29 Análisis reparto modal viajes-red/viajes-línea del transporte público en las áreas metropolitanas estudiadas en 2015

Ejemplos de estas ciudades son Madrid y Barcelona, núcleos urbanos con poblaciones similares que han logrado desarrollar una infraestructura de metro/metro ligero capaz de asimilar una demanda creciente de desplazamiento. Aunque la demanda de desplazamientos en Madrid casi dobla la de Barcelona es interesante observar el desglose de modos. Mientras que en Madrid el autobús en sus diferentes ámbitos es el modo público urbano que más viajes-línea realiza, en Barcelona es el metro el modo público que mayor número de desplazamientos efectúa. Los viajes red de cercanías RENFE es similar en las dos ciudades.



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos OTLE (Ministerio de fomento)

Figura 30 Análisis reparto modal viajes-red/viajes línea en Madrid y Barcelona en 2015

A partir del cociente de las variables viajeros-km y viajes-red/viajes-línea se hace posible el cálculo de la distancia media viajada por pasajero en cada trayecto por cada modo de transporte público para el que se conocen ambos datos. Como en algunas áreas metropolitanas analizadas no existe metro/cercanías o no se conoce el dato de una de las variables necesarias (viajeros-km o viajes-red/línea), para calcular la distancia media de cada trayecto, se ha decidido representar aquellas áreas metropolitanas que permitían representar al menos dos modos diferentes de transporte. Nótese que la distancia media recorrida por cada medio de

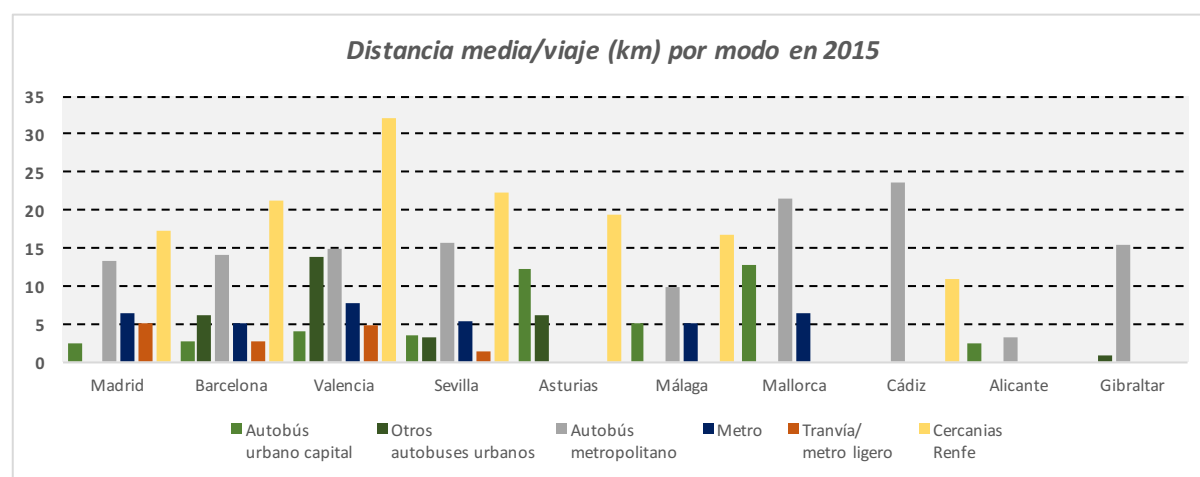
transporte dependerá en gran parte del área de la ciudad en cuestión. Las distancias medias que se muestran en la tabla 12 aplican únicamente a las cinco áreas metropolitanas de las que se disponen datos (Madrid, Barcelona, A Coruña, Alicante y Zaragoza) y son meramente descriptivas. Estas distancias medias no se han usado para calcular los flujos energéticos correspondientes al transporte público urbano. Para ello, tal y como se verá en el epígrafe correspondiente, se ha extrapolado la distancia media en función del área urbanizada de la ciudad. Las distancias medias totales obtenidas para los diferentes modos de transporte se muestran a continuación:

Tabla 12. Distancia media (km) de cada viaje por cada modo de transporte público estudiado

Distancia media viaje (km) por modo de transporte público urbano					
Autobús urbano capital	Otros autobuses urbanos	Autobús metropolitano	Metro	Tranvía/ metro ligero	Cercanías Renfe
5,7	6,1	14,6	5,9	3,4	20,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de datos OTLE (Ministerio de fomento)

Como se puede observar, el servicio de ferrocarril “cercanías Renfe” y el autobús metropolitano son los modos de transporte público que mayores distancias medias recorren por trayecto. Llama la atención como en Valencia y Sevilla, dos áreas metropolitanas con menor población que en Barcelona y Madrid, los viajeros tienden a recorrer mayores distancias en cercanías que en las anteriores. La amplia red de metro en Madrid y Barcelona interconectada con el ferrocarril cercanías podría estar reduciendo estas distancias medias. En aquellas ciudades que carecen de servicio de cercanías es el autobús metropolitano el que absorbe los mayores desplazamientos. Las distancias medias recorridas en metro y autobús urbano se sitúan entre los 2-7 km en las grandes ciudades resaltando su uso como transporte a nivel “capital” o en el “núcleo urbano”.

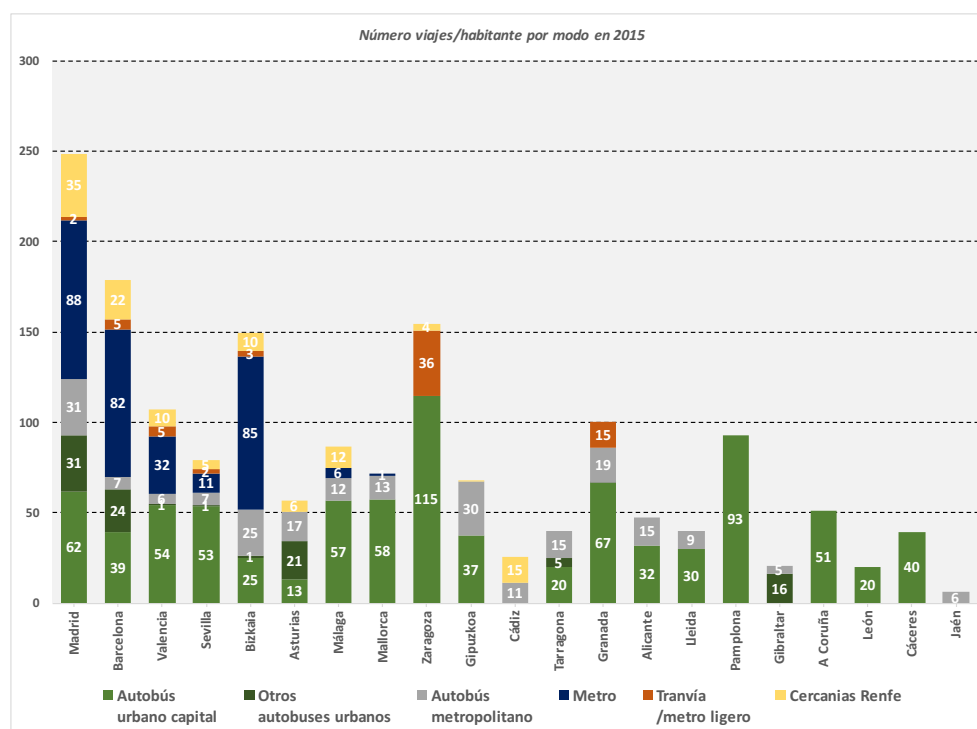


Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos OTLE (Ministerio de Fomento)

Figura 31 Distancia media (km) por viaje desglosada por modos de transporte público urbano las principales áreas metropolitanas estudiadas en 2015.

Al conocerse el número de viajes anual (viajes-línea, viajes-red) en las diferentes áreas urbanas y el número de habitantes de las mismas, se ha realizado un análisis del número de viajes por habitante y por modo de transporte público para entender si existe una relación entre el comportamiento de la demanda y la población de cada núcleo urbano. Como se puede

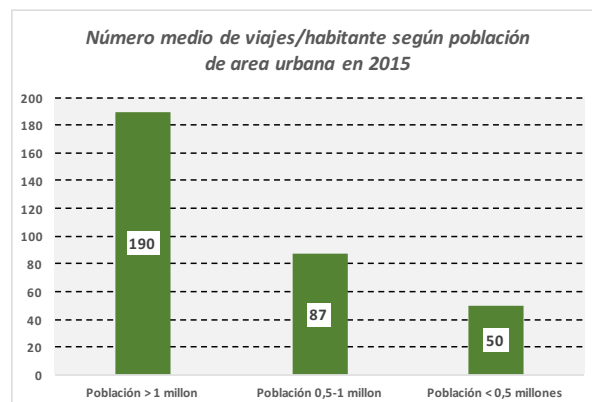
observar, cuanto mayor es la población del área estudiada, mayor es la demanda de transporte público. La amplia oferta de servicios de transporte público en las grandes ciudades, cada vez más completa intentando satisfacer desplazamientos más prolongados que en las ciudades de menor tamaño, contribuye a un uso más recurrente de los diferentes modos u en estas áreas. Destaca nuevamente el amplio uso del metro en ciudades como Madrid, Barcelona, Sevilla o Vizcaya que cuentan con una infraestructura desarrollada para este modo de transporte público. Por su parte, los viajes en cercanías Renfe y autobús metropolitano, generalmente de mayor distancia que los realizados en metro o autobús urbano, apenas alcanzan el 30% de los viajes totales realizados por habitante en las principales ciudades. Una posible explicación sería el uso de coche privado por parte de la población para satisfacer necesidades de movilidad a mayores distancias. Esta tendencia también se podría extrapolar a aquellas ciudades de menor tamaño en las que el uso de autobús urbano es predominante, bien porque no existe oferta de otros modos de transporte público urbano capaces de absorber esos desplazamientos o porque los viajeros cambian al modo de transporte privado para cubrir distancias mayores.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos OTLE (Ministerio de fomento) y población capital (INE)
 Figura 32 Número de viajes por habitante y por modo en cada área metropolitana estudiada en 2015

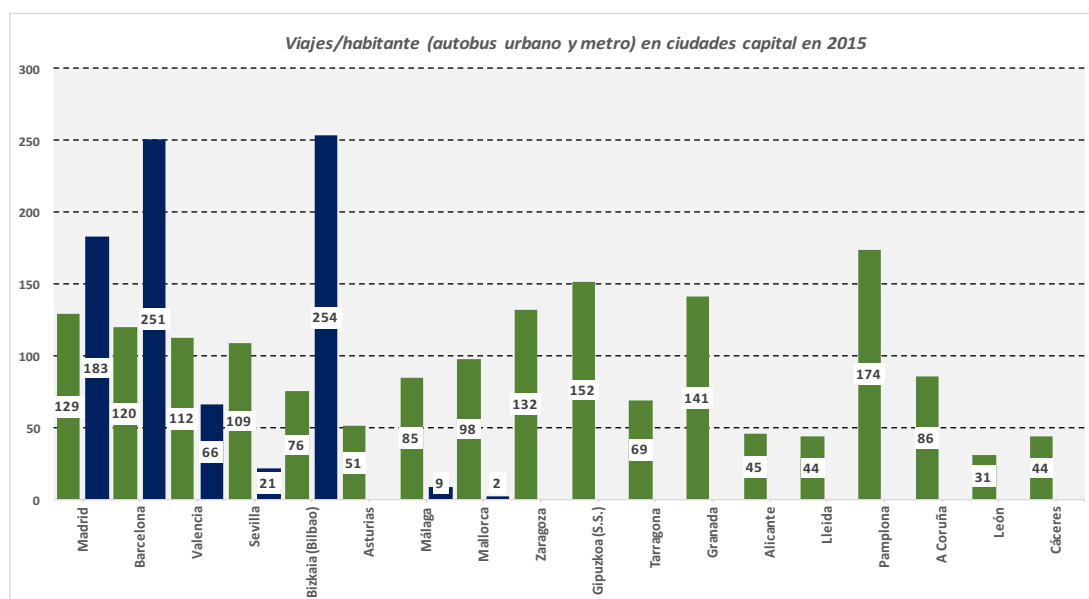
Resulta interesante señalar que el número medio de viajes en transporte público por habitante crece considerablemente cuanto mayor es el área metropolitana estudiada. Mientras que, en ciudades con poblaciones superiores al millón de habitantes, la media de viajes en transporte público por habitante se sitúa en los 190 anualmente, este número se divide casi por cuatro en poblaciones con menos de la mitad de habitantes. Se podría decir pues, que no existe una relación lineal entre el número de habitantes y la demanda de transporte público sino más bien exponencial y que un incremento potencial de la oferta de transporte público en ciertas áreas urbanas podría absorber parte de la demanda de transporte que actualmente se realiza en transporte privado. Si bien es cierto que en algunas áreas urbanas no se llegan a ofertar más

modos de transporte público por cuestiones económicas ya que incrementar considerablemente la oferta de los algunos modos de transporte público puede no llegar a serle rentable a la administración a pesar de los beneficios medioambientales y sociales que implica.



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos OTLE (Ministerio Fomento) y población capital (INE)
 Figura 33 Número medio de viajes en transporte urbano por habitante capitales urbanas según población de las mismas en 2015

Otro dato interesante para estudiar el comportamiento de la demanda no en toda la zona metropolitana sino exclusivamente en las capitales es el número medio de viajes autobús urbano/metro por habitante de la capital. Se han excluido los viajes en “otro autobús”, “autobús metropolitano” y “cercanías Renfe” pues en muchos casos el alcance de estos servicios traspasa lo entendido como zona capital. Como se puede observar en la figura 34 Pamplona y San Sebastián son las ciudades con mayor número medio de viajes en seguidas por Granada y Madrid. En general, cuanto mayor es la población, mayor es el número medio de viajes en autobús urbano por ciudadano (León, Cáceres y Lleida son las capitales que menor número medio de viajes en autobús urbano presenta además de ser las menos pobladas). En cuanto al metro, destaca la alta demanda de este servicio de ferrocarril en Barcelona y Bilbao ambas con número de viajes medio por habitante muy similares, si se compara con Madrid. Especialmente en Bilbao, la demanda de metro es tres veces superior a la de autobús urbano. Nótese como el número de desplazamientos en metro es notablemente superior al de autobús urbano en ciudades con una red de metro desarrollada y con alcance.



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos OTLE (Ministerio de Fomento) y población capital (INE)
 Figura 34 Viajes autobús y metro por habitante en las áreas metropolitanas estudiadas para el año 2015

Finalmente se hace necesario calcular el número de kilómetros recorridos por cada modo de transporte para calcular los flujos en el capítulo correspondiente. Para ello, se determinará la ocupación media de cada modo de transporte. Una vez conocida la ocupación media se calculará el número total de kilómetros recorridos por cada modo a partir del cociente entre los viajeros-km y la ocupación media.

Se empezará calculando la ocupación media para aquellos modos de transporte público ferroviario que están presentes en grandes áreas metropolitanas (cercanías Renfe, Renfe Métrica/antigua FEVE, FGC, y Euskotren). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 13

Tabla 13 Kilómetros totales recorridos en los distintos servicios ferroviarios de transporte de viajeros a nivel urbano

		2012	2013	2014	2015	2016
Renfe Cercanías	Millones viajeros-kilómetro	7.467,82	7.325,00	7.573,70	7.593,10	7.687,15
	Viajeros-km / trenes-km	122,92	120,00	124,93	125,88	127,78
	Millones kilómetros	60,75	61,04	60,62	60,32	60,16
Renfe	Millones viajeros-kilómetro	146,47	137,80	136,16	121,76	111,53
	Viajeros-km / trenes-km	21,65	20,65	20,73	18,71	17,45
	Millones kilómetros	6,77	6,67	6,57	6,51	6,39
FGC	Millones viajeros-kilómetro	777,91	787,63	802,60	833,44	874,13
	Km / viajero	10,39	10,44	10,40	10,46	10,73
	Millones kilómetros	74,87	75,44	77,17	79,68	81,47
Euskotren	Millones viajeros-kilómetro	264,02	326,03	375,83	378,34	382,19
	Km / viajero	10,28	12,48	14,43	14,35	14,57
	Millones kilómetros	25,68	26,12	26,05	26,37	26,23

Fuente: Elaboración propia a partir de datos OTLE (Demanda y oferta transporte ferroviario urbano)

Seguidamente se han calculado el número de kilómetros recorridos por los servicios ferroviarios de metro, tranvía y metro ligero. En este caso no se conocen datos del número medio de viajeros por kilómetro, pero sí del número de vehículos (coches) por kilómetro. A partir del cociente entre el número de viajeros-kilómetro y el número de vehículos-kilómetro se obtiene la ocupación media que se dividirá entre el número de viajeros-kilómetro para

obtener los kilómetros totales anuales recorridos por este modo de transporte público urbano. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Kilómetros totales recorridos en metro, tranvía y metro ligero en las áreas que disponen de estos servicios

2014				2015			
Metro	Tranvía/metro o ligero	Metro	Tranvía/metro o ligero	Metro	Tranvía/metro ligero	Metro	Tranvía/metro ligero
Millones vehículos-kilómetro		Millones viajeros-kilómetro		Millones vehículos-kilómetro		Millones viajeros-kilómetro	
258,1	16,9	5.970,3	228,9	267,9	16,9	6.152,3	187,7
Ocupación Media Vehículo				Ocupación Media Vehículo			
Metro		Tranvía/metro ligero		Metro		Tranvía/metro ligero	
23,1		13,6		23,0		11,1	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos OTLE (Demanda y oferta transporte ferroviario urbano)

Por último, se calcularán los kilómetros recorridos por los diferentes servicios de autobús en todo el territorio nacional. El transporte público de pasajeros en autobús es un modo mucho más expandido en los diferentes núcleos urbanos nacionales. Sin embargo, como se ha explicado anteriormente, únicamente se conocen datos de un total de 21 áreas metropolitanas. Se calcularán los kilómetros recorridos por los autobuses de dichas áreas metropolitanas siguiendo la misma metodología que en el metro. En primer lugar, se calculará la ocupación media y seguidamente los kilómetros totales recorridos. Además, se diferenciará entre los servicios de autobús urbano capital /otros autobuses urbanos y el servicio metropolitano pues la motorización de los vehículos podría diferir. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14. Kilómetros totales recorridos en autobús urbano y metropolitano en las 21 áreas metropolitanas estudiadas

2014				2015			
Autobus urbano	Autobus metropolitano	Autobus urbano	Autobus metropolitano	Autobus urbano	Autobus metropolitano	Autobus urbano	Autobus metropolitano
Millones vehículos-kilómetro		Millones viajeros-kilómetro		Millones vehículos-kilómetro		Millones viajeros-kilómetro	
306,9	280,1	4.330,0	4.934,3	309,5	286,2	4.439,3	4.041,0
Ocupación Media Vehículo				Ocupación Media Vehículo			
Autobus urbano		Autobus metropolitano		Autobus urbano		Autobus metropolitano	
14,1		17,6		14,3		14,1	
Millones Kilómetros totales recorridos				Millones Kilómetros totales recorridos			
Autobus urbano		Autobus metropolitano		Autobus urbano		Autobus metropolitano	
306,9		280,1		309,5		286,2	

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos OTLE (Demanda y oferta transporte urbano)

Para el resto de áreas metropolitanas (capitales de provincia) se van a extrapolar los kilómetros recorridos en función de sus poblaciones, superficies urbanizadas y flota de automóviles. Los kilómetros totales, así como sus cálculos se detallan en el capítulo 6.

Análisis del taxi

Para analizar la demanda de taxi se ha utilizado principalmente el estudio realizado por la consultora Vectio “Estudio de Servicio del taxi para para el Ayuntamiento de Madrid” en Madrid y el realizado por la consultora Gesman “Estudio del taxi en la APC de Valencia” en

Valencia. Se han extrapolado los resultados a las otras capitales urbanas estudiadas. Las flotas de taxis para las diferentes áreas a estudiar se obtendrán del INE “Estadísticas del taxi” 1994-2017. Según el informe de Vectio, la flota circulante del parque de vehículos taxi alcanzaba las 15.664 licencias en 2016. El primer dato a estudiar, por su potencial uso para analizar el flujo energético y medioambiental de este modo de transporte es el desglose de la flota de vehículos por tipo de tecnología y combustibles en Madrid. El diésel es la tecnología predominante seguida por la gasolina.

Tabla 15. Distribución de licencias de Taxi en Madrid según tecnología de motorización (5)

Distribución según combustible		
Tecnología	Licencias	%
Diesel	10.115	64,59%
Híbrido	3.490	22,28%
GLP	2.021	12,90%
Eléctrico	29	0,19%
Gas Natural	6	0,04%
Total	15.661	100%

Fuente: Elaboración propia a partir del informe realizado por Vectio y Gesman

Seguidamente se han comparado el recorrido medio por taxi (km) y el número de carreras al día en Madrid y Valencia para obtener valores medios. Una vez conocidos el número medio de trayectos que recorre el taxi al día y la distancia media por trayecto se puede calcular la distancia total recorrida en un día laboral. En el caso de Madrid, las encuestas realizadas por Vectio proporcionan datos de taxis que trabajan dos turnos aumentando notablemente el número de carreras diarias de los mismos. La proporción de taxis con licencia a doble turno sobre licencias totales se mantendrá para todas las áreas urbanas a estudiar. En el caso de Valencia, únicamente se encontraron datos para licencias que trabajan en un único turno. Los resultados obtenidos muestran el número total de licencias en Madrid desglosando entre “un turno” y “doble turno” así como el número de trayectos para cada movilidad y el recorrido medio por trayecto obteniéndose así el total de km/día recorrido por cada taxi.

Tabla 16. Kilómetros totales recorridos al día por tipo de licencia de Taxi en Madrid.

	Participación	Totales	%
Licencias colaboradoras	603,0	15.663,0	100%
Número licencias a un turno	572,0	14.857,8	95%
Número de licencias a dos turnos	32,0	831,2	5%

Licencias a un turno	Madrid	Valencia	Media
Carrera media (km) / día	6,4	4,6	5,5
Número de carreras/día	14,9	17,6	16,3
Total km/día	94,8	81,0	87,9

Licencias dos turnos	Madrid
Carrera media (km)/día	6,0
Número de carreras/día	28,8
Total km/día	173,4

Fuente: Elaboración propia a partir del informe realizado por Vectio y Gesman

A partir del número de km recorridos por cada taxi al día y según la naturaleza de la licencia (un turno/dos turnos) se van a extrapolar los resultados a las diferentes ciudades españolas de las que se conoce el número de licencias. Se justifica esta aproximación de la siguiente manera: aunque la tarifa de ciudades como Madrid o Valencia es superior a otras capitales de provincia lo que implica realizar menos trayectos o menos km/trayecto para igualar el salario bruto de profesionales que operan en capitales de provincia, la competencia es mayor. Por tanto, se considerará que el ingreso medio del sector es homogéneo a nivel nacional.

Una vez se conocen los kilómetros recorridos por licencia al día se aplicará un factor de corrección del 0,868 (1-1/7) al número de días que el taxi opera en el año pues, aunque un mismo taxi lo pueden explotar dos turnos diferentes (8 horas cada uno) existe un día obligatorio de descanso para cada conductor (se han obviado posibles vacaciones del conductor). Seguidamente se han calculado el número de kilómetros recorridos al año por cada licencia aplicando el factor de corrección, se obtienen así 27.427 km/año para taxis operados en un solo turno diario y 54.089 para taxis operados en dos turnos diarios.

Tabla 17. Kilómetros totales recorridos al año en Madrid por tipo de licencia de Taxi

	Total km/día	# días/año * (0,857)	Total km/año
Licencias a un turno	87,9	312,0	27.427
Licencias dos turnos	173,4		54.089

Fuente: Elaboración propia a partir del informe realizado por Vectio y Gesman

A partir de aquí se calcularán los km/año recorridos en todo España por el sector taxi manteniendo la proporción licencias a un turno/dos turnos comentada anteriormente.

El número de licencias de taxi “con taxímetro” en España en 2015 según la “Estadística del taxi” del INE y se situó en 70.371 (esta cifra incluye taxis con taxímetro y sin taxímetro).

A continuación, se muestran los cálculos de los km totales/año recorridos por el sector taxi a nivel nacional. Según las estimaciones y cálculos realizados, en 2015, se realizaron un total 2.022.423 miles de km en taxi en todo el territorio nacional.

Tabla 18. Kilómetros totales recorridos al en España por tipo de licencia de Taxi

	%	Licencias España (2015)	Totales (2015)	Total km/año	km totales (2015) ('000)
Licencias a un turno	95%	70.371,0	66.753	27.427	1.830.814
Licencias dos turnos	5%		3.542	54.089	191.609
				Total	2.022.423

Fuente: Elaboración propia a partir del informe realizado por Vectio y Gesman y datos del INEM (Estadística del taxi)

Según las estimaciones y cálculos realizados, los taxis españoles recorren un total de 2.022 millones de kilómetros con pasajeros lo que equivale a 28.739 kilómetros anuales por taxi. Se ha contrastado este dato con otras fuentes para validar su robustez y los resultados son los siguientes:

El “Estudio de ingresos y costes para determinar el incremento de tarifas para el año 2006” (Transit) muestra que los kilómetros en servicio anuales recorridos por el taxi objeto de estudio fueron 29.375 km en 2006. Se puede decir que los kilómetros obtenidos estarían en rango.

Los kilómetros calculados se corresponden a viajes en servicio o con pasajeros, pero se están obviando aquellas carreras vacías en las que el taxi no transporta a ningún cliente. Para una mejor aproximación al número total de kilómetros recorridos por este modo de transporte de pasajeros se va a considerar que los kilómetros en vacío son la mitad que en servicio alcanzándose pues un total de 3.033.634 kilómetros recorridos anualmente por el modo taxi.

A partir de los kilómetros recorridos y realizando un análisis del consumo medio por vehículo según las tecnologías mencionadas y su proporción respecto al número total de licencias se estimarán los flujos energéticos y medioambientales en el capítulo correspondiente.

3.4. Transporte privado de viajeros a nivel urbano

Los modos de transporte privado de viajeros a nivel urbano a analizar son:

Coche privado: aparato apto para circular por las vías o terrenos a que se refiere el artículo 2 de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial.

Motocicleta: análisis de demanda de motocicleta a nivel urbano y corona periférica

3.5. Metodología para desglosar el transporte privado de viajeros a nivel urbano

A partir de los datos extraídos del Observatorio de Movilidad Metropolitana 2017 (Datos 2015) y los análisis del transporte privado y público de viajeros a nivel urbano se presenta la metodología para caracterizar el transporte privado urbano de pasajeros en coche y moto. Nótese que todos los datos extraídos provienen de encuestas diferentes con diferencias metodológicas notables por lo que las conclusiones obtenidas tras el análisis deben ser tratadas con cautela. Además, el alto coste de estas encuestas hace que su realización sea muy puntual (aun así, la mayoría de ellas se han realizado en los últimos 10 años). A día de hoy, no existe

una fuente de información más completa y fiable a parte del OMM17 que recoja información tan detallada de los diferentes modos de transporte público y privado de pasajeros a nivel urbano en las principales áreas metropolitanas nacionales. La metodología que se ha seguido para obtener el número de kilómetros recorridos de forma anual en el ámbito metropolitano en coche y moto se presenta a continuación:

Se conoce el número total de viajes en día laborable (millones) y el número de viajes por persona de las áreas metropolitanas estudiadas (véase **Tabla 19**).

Tabla 19. Recopilación encuestas sobre movilidad urbana realizada por OMM 2017 (2015)

	Viajes en día laborable (Millones)	Tiempo medio de viaje (min)	Distancia media de viaje (km)	Nº de viajes por persona al día
Madrid 2014	12,93	29	6	2,5
Barcelona 2014	17,55	25,3	6,6	3,9
Valencia 2013	3,79	28,2	n.d.	2,37
Sevilla 2007	2,9	12,5	n.d.	2,4
Bizkaia 2008	3,01	n.d.	3,2-1,7	2,8
Málaga 2011-2014	2,78	17-45,5	n.d.	2,2
Mallorca 2010	2,28	17	n.d.	3,6
B. de Cadiz 2007-2015	2,57	16	n.d.	3,3
Zaragoza 2007	2,31	21,7	3,3	3,3
Guipuzcoa 2011	1,98	n.d.	n.d.	3,1
C. de Tarragona 2006	1,85	18	n.d.	3,2
Granada 2015	1,12	19,2	n.d.	2,3
Alicante 2013	0,72	20	3,8-5,8	2,1
Lleida 2006	1,3	n.d.	n.d.	3,2
Pamplona 2013	0,97	17,1	n.d.	3
C.Gibraltar 2007	0,56	12,3	n.d.	2,2
A.Coruña 2015	n.d.	15	2,6	n.d.
León 2009	0,34	17,1	n.d.	2,7
Cáceres 2013	0,19	n.d.	n.d.	2

Fuente: Observatorio de movilidad metropolitana 2017 (Datos 2015)

Para todas las áreas metropolitanas de las que se conocen número de viajes en día laborable, es decir las 19 presentadas en la tabla a excepción de A Coruña, se usará el número de viajes determinado por la encuesta para los cálculos correspondientes. Para el resto de capitales de provincia en España que tienen área metropolitana funcional según el *INE* o *AUDES* pero no han realizado encuestas se extrapolará el número de viajes en día laborable a partir de una media realizada con las áreas metropolitanas de las que si se conocen datos. Para calcular esta media, se dividirán la suma de viajes en día laborable de todas las áreas metropolitanas entre la suma de poblaciones de las mismas (se ha excluido A Coruña):

$$\overline{Viajes} = \frac{\sum_{i=1}^{19} Viajes_{millones} / día}{\sum_{i=1}^{19} Población_{millones}} = \frac{59,15}{22,00} = 2,68 \frac{viajes}{día \cdot persona}$$

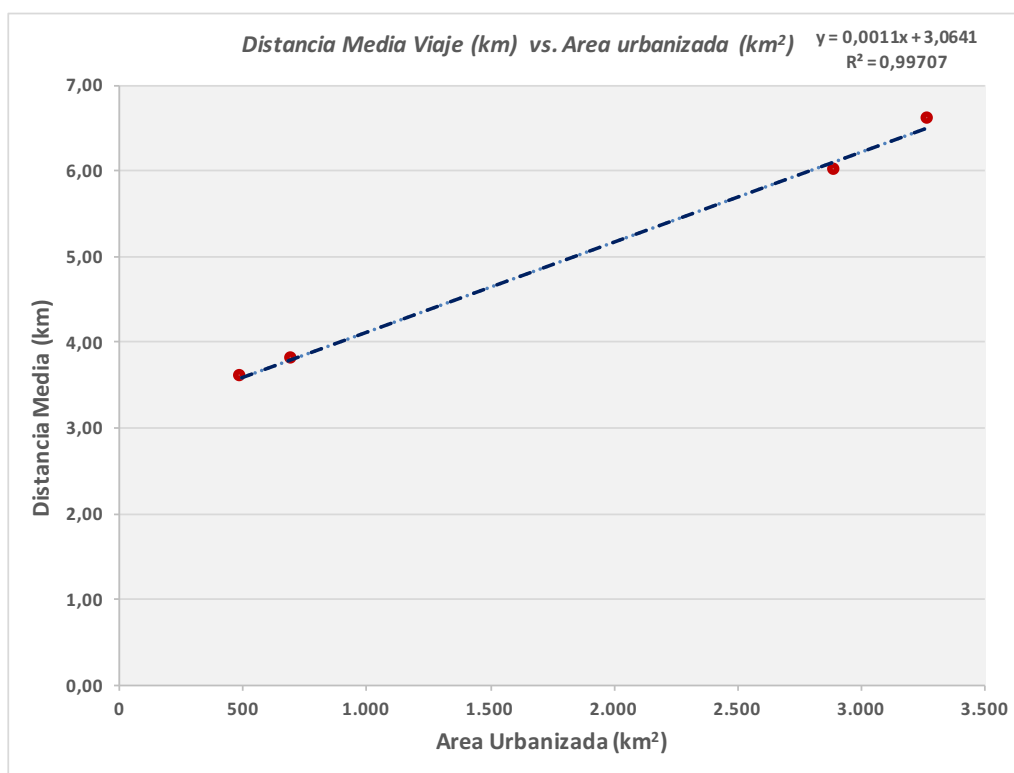
Una vez se conocen el número de viajes al día por persona se multiplicarán por el número de habitantes de las poblaciones con área metropolitana en el año 2015 según el *INE* o *AUDE*, obteniéndose el número de viajes en un día laborable en cada una de ellas.

Las capitales de provincia para las cuales no se ha encontrado datos de población metropolitana se ha fijado la población de la capital para el año 2015 según el *INE*.

Aunque se conocen las distancias medias de cada viaje (km) para algunas de las áreas metropolitanas estudiadas, se carece de información para todo el conjunto. En primer lugar, se realizó una estimación de la distancia media recorrida en función de la población de las áreas metropolitanas de las que se conocen datos. Los resultados obtenidos no arrojaban una relación lineal por lo que la población apenas tenía poder explicativo sobre la distancia media. Por ello, se va realizar una estimación de la distancia media recorrida en función del área urbanizada (km²) del resto de áreas metropolitanas. En primer lugar, se ha calculado el cociente de la distancia media recorrida por viaje en las áreas metropolitanas en las que si se conocen datos y se ha interpolado el resultado para el resto de núcleos urbanos en función de su área urbanizada. Las áreas metropolitanas de las que se conocen datos son:

- Madrid (Distancia media = 6,0 km, AU=2.890 km²):
- Barcelona (Distancia media = 6,6 km, AU=3.270 km²)
- A Coruña (Distancia media = 3,6 km, AU= 493 km²)
- Alicante (Distancia media = 3,8 km, AU= 701 km²)
- Zaragoza (Distancia media =3,3 km, AU = 2.295 km²)

Se ha realizado un análisis de regresión simple con los datos obteniéndose el siguiente resultado:



Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos OTLE (Ministerio de Fomento) y población capital (INE)
Figura 35 Relación entre la distancia media por viaje y la superficie urbanizada donde se realiza dicho viaje

Como se puede observar, se han excluido los datos para Zaragoza considerándolo un “outlier” pues distorsionaban altamente la pendiente de la recta. El resultado obtenido muestra

que el área urbanizada tiene poder explicativo sobre la distancia media recorrida en cada viaje ($R^2=0,997$). A partir de esta recta se han obtenido las distancias medias recorridas en cada área metropolitana en función de su superficie urbanizada.

Se conocen los repartos porcentuales por modo de transporte urbano desglosado entre moto / coche, transporte público, a pie/bicicleta y otros para:

- **Interior de la zona capital:** desplazamientos que ocurren dentro del núcleo urbano de la ciudad.
- **Zona corona metropolitana:** desplazamientos que ocurren en la zona comprendida dentro de la zona metropolitana pero fuera de la zona capital.
- **Zona corona metropolitana y zona capital:** desplazamientos que ocurren entre la zona metropolitana y la zona capital.

A pesar de conocerse el reparto modal dentro cada zona comprendida en el área metropolitana (capital, corona, capital-corona), no se conoce el desglose de los viajes totales en un día laborable por zona. Es decir, cuántos de esos viajes se efectuaron únicamente en la zona capital, cuantos se efectuaron en la corona metropolitana y cuantos fueron realizados entre ambas zonas. Por ello, tal y como se ha indicado en el punto 2, se hace necesario calcular una distancia media de viaje. Se ha considerado que al no conocerse el reparto entre viajes urbanos e interurbanos lo más razonable sería calcular una distancia media entre los recorridos de estos viajes. Los repartos modales de los desplazamientos efectuados en las diferentes zonas se presentan en las **Tabla 20**, **Tabla 21** y

Tabla 22.

Tabla 20. Reparto modal desplazamientos entre zona capital y zona corona metropolitana

	Coche y Moto	Transporte público	A pie y bicicleta	Otros
Madrid 2014	57,8%	36,9%	3,8%	1,5%
Barcelona 2015	51,5%	48,2%	0,0%	0,3%
Valencia 2013	72,5%	22,3%	5,2%	0,0%
Sevilla 2007	62,0%	8,1%	29,8%	0,1%
Mallorca 2010	87,7%	9,6%	1,2%	1,5%
B. Cádiz 2007	54,1%	35,3%	6,0%	4,6%
Gulpuzkoa 2011	69,6%	24,7%	3,7%	2,0%
C. Tarragona 2010	80,5%	11,6%	7,9%	0,0%
Alicante 2001-2007	75,9%	16,7%	7,3%	0,1%
Pamplona 2013	60,3%	18,4%	18,9%	2,4%
A Coruña 2015	88,9%	8,9%	8,9%	-6,7%

Fuente: Elaboración propia a partir de Observatorio de Movilidad Metropolitana 2017 (Datos 2015)

Tabla 21. Reparto modal desplazamientos en la corona metropolitana

	Coche y Moto	Transporte público	A pie y bicicleta	Otros
Madrid 2014	49,6%	10,3%	39,6%	0,5%
Barcelona 2015	42,0%	4,3%	53,7%	0,0%
Valencia 2013	48,2%	13,3%	37,9%	0,6%
Sevilla 2007	61,1%	7,7%	31,1%	0,0%
Mallorca 2010	54,0%	1,3%	43,9%	0,8%
B. Cadiz 2007	51,9%	8,6%	37,7%	1,8%
Zaragoza 2007	46,0%	9,0%	39,8%	5,2%
Guipuzcoa 2011	39,2%	12,3%	47,6%	1,0%
Granada 1994	47,2%	7,5%	42,2%	3,1%
Alicante 2013	80,0%	13,0%	7,0%	0,0%
Pamplona 2013	43,8%	6,7%	47,7%	2,4%

Fuente: Elaboración propia a partir de Observatorio de Movilidad Metropolitana 2017 (Datos 2015)

Tabla 22. Reparto modal desplazamientos dentro de la zona capital o núcleo urbano

	Coche y Moto	Transporte público	A pie y bicicleta	Otros
Madrid 2014	24,7%	37,8%	36,8%	0,8%
Barcelona 2014	14,3%	29,6%	56,1%	0,0%
Valencia 2013	23,6%	23,5%	52,9%	0,0%
Sevilla 2007	39,9%	19,3%	40,8%	0,0%
Bilbao 2008	10,9%	26,8%	62,3%	0,0%
Málaga 2010	41,9%	11,4%	39,3%	7,4%
Mallorca 2010	45,6%	12,7%	41,5%	0,2%
Cádiz 2007	18,3%	18,4%	59,7%	3,6%
Zaragoza 2007	24,0%	14,0%	62,0%	0,0%
San Sebastián 2011	28,0%	19,0%	53,0%	0,0%
C. de Tarragona 2010	52,0%	9,7%	38,2%	0,1%
Granada 2015	36,5%	15,6%	45,2%	2,7%
Alicante 2013	37,0%	11,0%	52,0%	0,0%
Pamplona 2013	24,9%	12,3%	61,7%	1,1%
A. Coruña 2015	37,3%	13,3%	47,8%	1,6%
León 2009	29,5%	5,6%	64,6%	0,3%
Cáceres 2013	56,8%	9,7%	33,4%	0,1%

Fuente: Elaboración propia a partir de Observatorio de Movilidad Metropolitana 2017 (Datos 2015)

Como se puede observar, no se conoce el reparto modal en cada zona estudiada para todas las áreas metropolitanas estudiadas. Además, tal y como se ha explicado en el punto 3, a pesar de conocerse el desglose por modo de transporte, no se sabe cuántos de los viajes efectuados por cada habitante tuvieron lugar en la zona capital, en la zona corona metropolitana o entre ambas zonas. Se han realizado las siguientes aproximaciones para sanar este vacío de datos:

- **Áreas metropolitanas cuyo reparto modal se conoce totalmente (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Mallorca, Cádiz, Alicante y Pamplona):** se ha calculado la media entre el modo coche/moto de cada zona (capital, corona metropolitana y capital-corona) para cada ciudad estudiada. El resultado de esta media será el porcentaje de viajes correspondiente al modo transporte privado en coche y moto.
- **Áreas metropolitanas cuyo reparto modal se conoce parcialmente (Guipúzcoa, Tarragona, Granada, San Sebastián, León, A Coruña, Cáceres y Bilbao):** se han calculado medias con los datos que se conocen en el ámbito capital, corona o capital-corona. Para los datos que no estén disponibles se usarán medias de las otras áreas metropolitanas.
- **Áreas metropolitanas no incluidas:** se ha calculado una media del porcentaje correspondiente al modo coche y moto para cada zona (capital, corona metropolitana y capital-corona) de las áreas metropolitanas que hay datos disponibles. Seguidamente,

se ha calculado una media de los resultados obtenidos en estas tres zonas, ese porcentaje será el que se le aplique al número de viajes diarios de cada ciudad.

Para determinar la distancia diaria recorrida en transporte privado a nivel urbano/metropolitano en un área metropolitana en un día “i” se multiplican los tres factores anteriores:

$$Dístanca(km)/día_i = Viajes /día_i \cdot DM (km) /viaje_i \cdot \%(coche/moto)_i$$

Nótese que la variable viajes/día dependerá de la población del área metropolitana en cuestión, la distancia media del viaje varía en función de la superficie urbanizada y el porcentaje modal dependerá de si se conoce íntegramente el desglose por modo en las tres zonas en cuestión (capital, corona, capital-corona), si se conoce parcialmente o si se desconoce completamente.

Los resultados se presentan en la **Tabla 23**. Según los cálculos y estimaciones seguidas, se han recorrido en 2015 un total de 68.177 millones de kilómetros en transporte privado (coche y moto) a nivel metropolitano en todo el territorio nacional.

Tabla 23. Kilómetros totales realizados en el ámbito metropolitano en el modo coche y moto a nivel nacional en el año 2015

	Población Área Metropolitana Funcional	Superficie Área Metropolitana	Millones viajes/ día laborable	% Moto y coche	Distancia Media Recorrida	Distancia (millones- km)/día	Km (año) (millones)
A Coruña ²	408.068,00	493,90	2,57	0,59	3,94	5,99	2.187,67
Albacete ²	173.457,00	1.125,90	0,46	0,51	4,64	1,10	399,90
Alicante ^{1 4}	464.061,00	701,00	0,72	0,64	4,17	1,93	705,00
Almería ²	218.236,00	400,40	0,58	0,51	3,84	1,14	416,59
Ávila ³	58.358,00	230,70	0,16	0,51	3,65	0,29	105,99
Badajoz ¹	180.602,00	1.531,90	0,48	0,51	5,09	1,25	456,45
B.Cádiz ²	425.462,00	1.792,00	1,14	0,41	5,37	2,54	926,38
Barcelona ^{1 4}	4.917.162,00	3.271,50	17,55	0,36	7,00	44,14	16.111,79
Bilbao ^{1 4}	1.031.440,00	504,00	3,01	0,44	3,96	5,21	1.901,13
Burgos ²	192.692,00	148,60	0,52	0,51	3,56	0,94	341,31
Caceres ^{2 4}	106.066,00	1.938,00	0,19	0,44	5,53	0,47	169,93
Castellón ²	386.906,00	292,60	1,04	0,51	3,72	1,96	715,77
Ciudad Real ³	74.427,00	403,40	0,20	0,51	3,84	0,39	142,20
Córdoba ¹	362.075,00	1.255,20	0,97	0,51	4,78	2,36	860,35
Cuenca ³	55.428,00	911,10	0,15	0,51	4,40	0,33	121,28
Gibraltar ^{2 4}	254.570,00	n.d.	0,56	0,51	4,78	1,36	496,51
Gijón ¹	303.689,00	181,60	0,81	0,51	3,60	1,49	543,39
Granada ^{2 4}	498.365,00	829,60	1,12	0,56	4,31	2,70	984,10
Gran Canaria ¹	636.162,00	259,80	1,70	0,51	3,69	3,19	1.165,48
Guipuzcoa ^{2 4}	756.980,00	376,80	1,98	0,40	3,82	3,01	1.100,22
Huelva ²	174.815,00	230,50	0,47	0,51	3,65	0,87	317,47
Huesca ³	52.239,00	161,00	0,14	0,51	3,58	0,25	92,88
Jaén ²	191.652,00	733,40	0,51	0,51	4,21	1,10	400,73
León ^{2 4}	201.987,00	411,20	0,34	0,37	3,85	0,49	179,14
Lleida ^{2 4}	201.391,00	426,30	1,30	0,51	3,87	2,56	932,83
Logroño ¹	194.004,00	217,90	0,52	0,51	3,64	0,96	350,98
Madrid ^{1 4}	6.569.530,00	2.890,10	12,93	0,44	6,58	37,46	13.674,33
Málaga ^{1 4}	850.556,00	817,40	2,78	0,54	4,30	6,47	2.359,78
Murcia ¹	618.973,00	1.230,90	1,66	0,51	4,75	4,01	1.462,56
Ourense ²	138.600,00	253,30	0,37	0,51	3,68	0,69	253,43
Oviedo ¹	317.739,00	186,70	0,85	0,51	3,61	1,56	569,42
Palencia ³	79.595,00	273,60	0,21	0,51	3,70	0,40	146,42
P.Mallorca ⁴	680.516,00	913,10	2,28	0,62	4,41	6,27	2.288,92
Pamplona ¹	367.161,00	391,60	0,98	0,43	3,83	1,62	591,77
Salamanca ²	205.489,00	112,50	0,55	0,51	3,52	0,99	359,92
Santander ¹	387.416,00	256,80	1,04	0,51	3,68	1,94	709,13
Santiago ¹	199.963,00	379,30	0,54	0,51	3,82	1,04	379,41
Segovia ³	52.728,00	360,90	0,14	0,51	3,80	0,27	99,51
Sevilla ^{1 4}	1.413.882,00	1.529,20	2,90	0,54	5,08	8,01	2.923,40
Soria ³	39.168,00	271,80	0,10	0,51	3,70	0,20	72,01
Tarragona ²	456.042,00	356,70	1,22	0,57	3,79	2,66	972,16
Tenerife ³	203.811,00	397,70	0,55	0,51	3,84	1,07	388,76
Teruel ³	35.590,00	440,40	0,10	0,51	3,89	0,19	68,72
Toledo ¹	149.655,00	548,10	0,40	0,51	4,00	0,82	297,76
Valencia ^{1 4}	1.631.202,00	628,80	3,79	0,48	4,09	7,46	2.723,23
Valladolid ^{1 4}	428.169,00	746,40	1,85	0,51	4,22	3,97	1.448,27
Vigo ¹	547.208,00	743,20	1,47	0,51	4,22	3,14	1.147,11
Vitoria- Gasteiz ¹	268.950,00	276,80	0,72	0,51	3,71	1,36	495,23
Zamora ³	63.831,00	195,00	0,17	0,51	3,62	0,31	114,68
Zaragoza ^{1 4}	766.171,00	2.295,40	2,31	0,50	5,93	6,87	2.506,56
TOTAL							68.177,99

1. Datos de población metropolitana obtenidos de INE “Áreas metropolitanas funcionales” Año 2013. Datos área urbanizada obtenidos de “Áreas Urbanas España 2017”. Año 2017

2. Datos población metropolitana extraídos de AUDES “Áreas urbanas de España” Año 2015

3. Datos de población metropolitana no disponibles. Datos de población extraídos de INE “Cifras población por provincia padrón municipal” Año 2018

4. Se conoce el reparto modal en cada zona (capital, corona, corona-capital) íntegramente o parcialmente. Además, se conocen el número total de viajes realizados en día laborable (no se calcula como el producto de la población y número medio de viajes por persona)

CAPÍTULO 4. Estudio del transporte de viajeros terrestre a nivel interurbano

El objetivo de este capítulo es caracterizar el comportamiento del transporte de viajeros a nivel interurbano. Para ello, se consultarán diferentes bases de datos disponibles y extraerán datos contrastados que permitan desglosar la movilidad urbana por modo y por región geográfica a nivel interurbano. En este capítulo la extracción y homogeneización de datos se realizará de forma paralela para el transporte público y privado ya que los modos de transporte se reducen con respecto al nivel urbano (no existe metro, tranvía o cercanías) y no existe un desglose claro por área geográfica (en el urbano se estudiaron un total de 21 áreas metropolitanas para el autobús, metro, tranvía y cercanías).

4.1. Transporte público y privado interurbano de viajeros

Se incluyen dentro del **transporte privado** de viajeros por carretera los siguientes modos de transporte:

- **Turismos:** vehículo privado con una ocupación media estimada que recorre un trayecto por una carretera de titularidad estatal.
- **Motocicletas:** vehículo privado con una ocupación media estimada que recorre un trayecto por una carretera de titularidad estatal.

Se incluyen dentro de **transporte público** de viajeros por carretera los siguientes modos de transporte:

- **Transporte por carretera público autobús:** servicio público regular interurbano de uso general de transporte de viajeros por carretera de titularidad estatal.
- **Transporte ferroviario público:**
 - *Larga distancia* (recorrido medio del viajero superior a 300km)
 - Alta velocidad comercial (velocidad media > 150km/h)
 - Larga distancia convencional (velocidad media < 150km/h)
 - *Media distancia* (recorrido medio del viajero superior a 60km)
 - Media distancia convencional (velocidad media < 100km/h)
 - Media distancia alta velocidad (velocidad media tren > 100km/h)

4.1.1. Datos disponibles por modo de transporte público interurbano de viajeros

A continuación, se desglosarán los datos disponibles por modo de transporte interurbano que se han recopilado de las diferentes fuentes consultadas.

Transporte interurbano público de viajeros: Autobús

Las fuentes consultadas para caracterizar el transporte del autobús a nivel interurbano fueron las siguientes:

Tabla 24. Fuente de datos del transporte interurbano público (autobús)

Transporte interurbano público: Autobús	
Fuente de datos	Datos extraídos
OTLE. Transporte de viajeros por carretera (viajeros-kilómetro) por tipo de vehículo. <i>Años disponibles:</i> 2000-2016 http://observatorioptransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=432	Demanda (millones de viajeros-km)
OTLE. Tráfico de viajeros y mercancías por carretera (vehículos-kilómetro) por clase y tipo de vehículo <i>Años disponibles:</i> 2009-2016 http://observatorioptransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=606	Oferta (vehículos-km)

Transporte interurbano público de viajeros: Ferroviario (media/larga distancia)

Tabla 25. Fuente de datos del transporte interurbano público (larga distancia)

Transporte interurbano público: Larga distancia	
Fuente de datos	Datos extraídos
OTLE. Transporte ferroviario de viajeros (viajeros, viajeros-kilómetro, recorrido medio viajero, aprovechamiento, viajeros por tren y porcentaje de ocupación) de larga distancia convencional y alta velocidad comercial . <i>Años disponibles:</i> 1993-2016 http://observatorioptransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=432	Demanda (viajeros, millones de viajeros-km, recorrido medio-viajero, aprovechamiento, viajeros por tren, porcentaje ocupación)

Tabla 26. Fuente de datos del transporte interurbano público (media distancia)

Transporte interurbano público: Media Distancia	
Fuente de datos	Datos extraídos
Transporte ferroviario de viajeros (viajeros, viajeros-kilómetro, recorrido medio viajero, aprovechamiento y viajeros por tren) de media distancia por tipo de producto <i>Años disponibles:</i> 1993-2016 http://observatorioptransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=290	Demanda (viajeros, millones de viajeros-km, recorrido medio-viajero, aprovechamiento, viajeros por tren, porcentaje ocupación) por tipo de producto (Media distancia convencional, Media distancia alta velocidad, Renfe métrica media distancia)

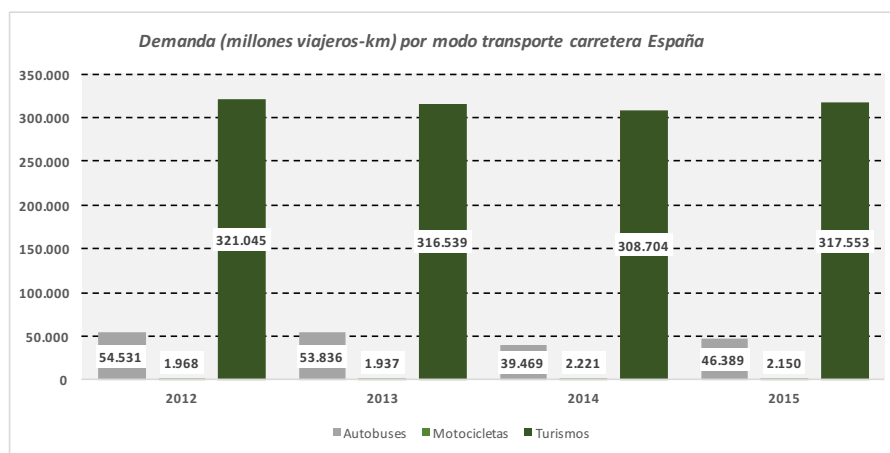
4.2. Extracción y homogeneización de datos: transporte público y privado de viajeros en sus diferentes modos a nivel interurbano

En este apartado se realizará un análisis de los datos extraídos para el caracterizar el transporte público y privado a nivel interurbano. En primer lugar, se realizará un estudio de demanda de movilidad para aquellas áreas geográficas de las que se disponen datos.

4.1.2. Homogeneización de datos: transporte público y privado de viajeros a nivel interurbano

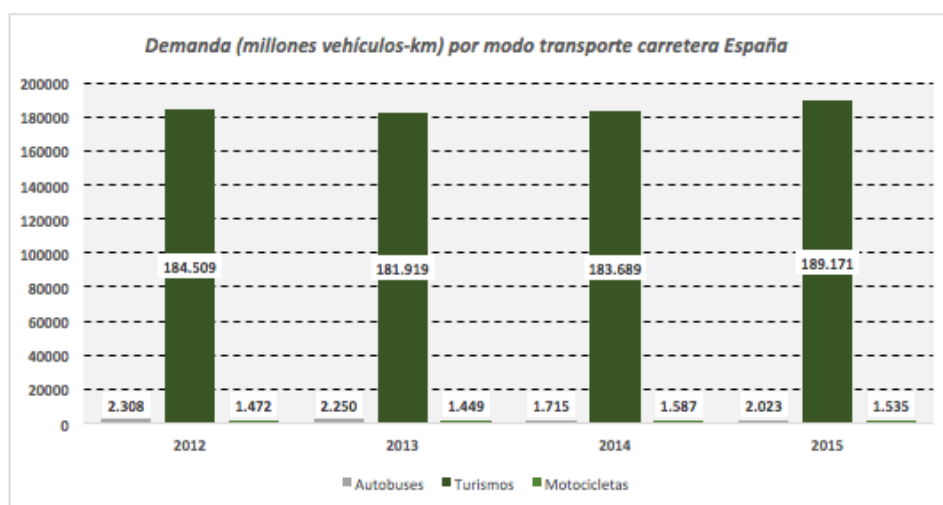
Los modos de transporte público y privado por carretera a analizar son el autobús, los turismos y las motocicletas. La figura 36 presenta la evolución de la demanda entre 2012 y 2015 en millones de viajeros-km y vehículos-km de los diferentes modos de transporte mencionados. Como se puede observar, el modo predominante de transporte por carretera es

el turismo. La movilidad en vehículos privados absorbió una demanda casi diez veces superior al autobús público en 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE (Ministerio de Fomento)
Figura 36 Demanda (millones viajeros-km) por modo de transporte por carreteras en España

Esta elevada demanda en millones de viajeros-km queda reflejada en la demanda de transporte interurbano en términos de vehículos-km por cada modo. Como se puede observar en la figura 37 los vehículos-kilómetros demandados por el modo autobús son notablemente inferiores a los turismos.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE (Ministerio de Fomento)
Figura 37 Demanda (millones vehículos-km) por modo de transporte en carretera en España

A partir del cociente de estas dos variables de demanda (viajeros-km y vehículos-km) se hace posible obtener la ocupación media por vehículo. Como es de esperar, la ocupación media del autobús es notablemente superior a la de turismos y motocicletas. Destaca la baja ocupación media de los turismos por debajo de dos viajeros por vehículo.

Tabla 27. Ocupación media por modo de transporte carretera

	2012	2013	2014	2015
Autobuses	23,63	23,93	23,02	22,93
Turismos	1,74	1,74	1,68	1,68
Motocicletas	1,34	1,34	1,40	1,40

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE
(millones viajeros-km y millones vehículos-km) (Ministerio de Fomento)

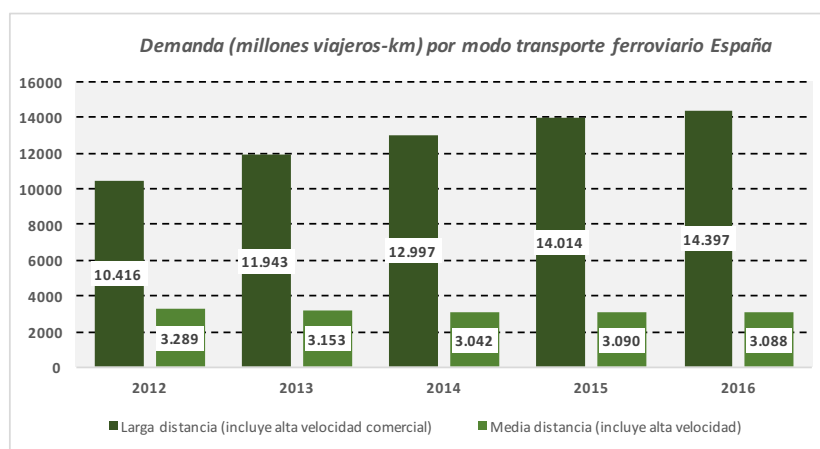
Una vez se conoce la ocupación media por modo de transporte y el número de viajeros-km, se hace posible calcular el número de kilómetros viajados en cada modo que se usaran para calcular los flujos energéticos y medioambientales.

Tabla 28. Millones de kilómetros viajados por cada modo de transporte

	2012	2013	2014	2015
Autobuses	2.308	2.250	1.715	2.023
Turismos	184.509	181.919	183.689	189.171
Motocicletas	1.472	1.472	1.406	1.405

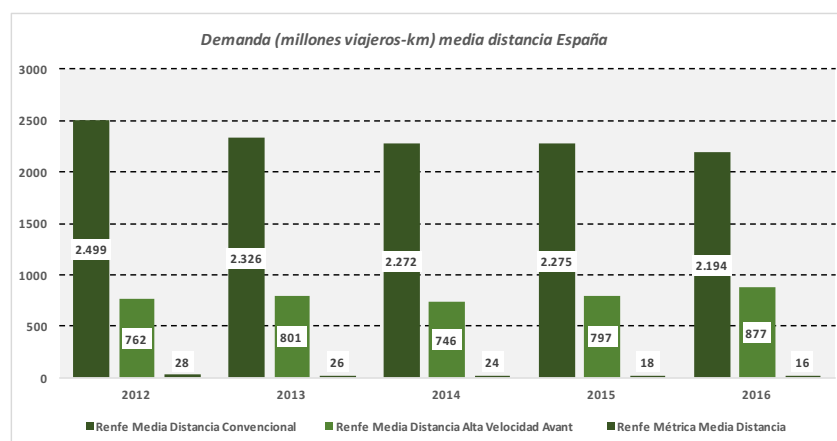
Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE (Ministerio de Fomento)

El siguiente modo de transporte interurbano a analizar es el ferroviario. Como se ha indicado, el transporte ferroviario se desglosa en media y larga distancia en función de los kilómetros recorridos por viajero. En las bases de datos obtenidas, el servicio de larga distancia incluye larga distancia convencional y alta velocidad comercial. Para media distancia, se conoce el desglose por cada tipo de producto (RENFE media distancia convencional, RENFE media distancia alta velocidad *AVANT* y RENFE métrica media distancia). La figura 38 muestra la evolución de la demanda de transporte ferroviario en sus dos modos (larga distancia y media distancia) en España entre 2012 y 2016. Como se puede observar, es el servicio de larga distancia el que experimenta una mayor demanda en términos de viajeros-km ya que los desplazamientos medios de este servicio superan los 300km. Es de destacar que la demanda del transporte ferroviario de media distancia ha experimentado una tendencia decreciente entre 2012 y 2016 justo contraria a la del transporte de larga distancia.



Fuente: Elaboración propia a partir base de datos OTLE (transporte ferroviario)
Figura 38 Demanda (millones viajeros-km) por modo transporte ferroviario España

Si se realiza un desglose por tipo de producto de la demanda de transporte ferroviario media distancia en España, se puede observar que es el Renfe media distancia convencional el que absorbe la mayor demanda en términos de viajeros-km seguido por el Renfe media distancia alta velocidad. El modo convencional dio servicio a un 78% de la demanda en 2016 seguido por la alta velocidad que alcanzó el 28% de toda la demanda en ese mismo año. El servicio de RENFE Métrica, (servicio de media distancia “regional” entre Ferrol-Oviedo-Gijón, Oviedo-Santander, Santander-Bilbao y León-Bilbao) con una demanda decreciente en los últimos 4 años a penas llegar a satisfacer un 1% de la demanda total de transporte ferroviario media distancia.



Fuente: Elaboración propia a partir base de datos OTLE (transporte ferroviario)
Figura 39 Demanda (millones viajeros-km) media distancia por tipo de producto en España

Nuevamente se hace necesario calcular el número de kilómetros recorrido por cada modo de transporte y producto para seguidamente calcular los diferentes flujos. Para el modo larga distancia se conocen directamente los viajeros por tren y los viajeros-km. A partir del cociente de estas dos variables se calculará el número de kilómetros anuales de este modo de transporte público interurbano. La **Tabla 29** muestra los resultados obtenidos para el modo ferroviario larga distancia (incluye larga distancia convencional y larga distancia alta velocidad):

Tabla 29. Kilómetros totales recorridos en transporte ferroviario larga distancia

	2012	2013	2014	2015	2016
Viajeros-km	10415,78	11942,58	12996,71	14013,66	14396,92
Viajeros por tren	180,74	199,08	203,05	229,69	240,59
Km totales (millones)	57,63	59,99	64,01	61,01	59,84

Fuente: Elaboración propia a partir base de datos OTLE (Ministerio de Fomento-transporte ferroviario)

Para el modo ferroviario de media distancia, al existir un desglose detallado de viajeros-km y viajeros por tren para cada producto, se diferenciarán los kilómetros totales recorridos. La **Tabla 30** muestra los resultados obtenidos.

Tabla 30. Kilómetros totales recorridos en transporte ferroviario media distancia por tipo de producto

		2012	2013	2014	2015	2016
Renfe Media Distancia Convencional	<i>Millones viajeros-kilómetro</i>	2.498,80	2.325,60	2.272,18	2.274,71	2.194,42
	<i>Viajeros por tren</i>	69,17	65,10	68,65	69,51	62,87
	<i>Km totales (millones)</i>	36,13	35,72	33,10	32,73	34,91
Renfe Media Distancia Alta Velocidad	<i>Millones viajeros-kilómetro</i>	761,50	801,41	745,62	797,43	877,30
	<i>Viajeros por tren</i>	122,52	107,55	137,78	145,36	112,66
	<i>Km totales (millones)</i>	6,22	7,45	5,41	5,49	7,79
Renfe Métrica Media Distancia	<i>Millones viajeros-kilómetro</i>	28,20	25,80	23,71	17,52	16,39
	<i>Millones viajeros-kilómetro</i>	74,73	70,37	75,77	77,59	69,74
	<i>Km totales (millones)</i>	0,38	0,37	0,31	0,23	0,23

Fuente: Elaboración propia a partir base de datos OTLE (Ministerio de Fomento-transporte ferroviario)

Tras analizar la demanda y obtener los kilómetros totales recorridos por tipo de transporte público y privado de pasajeros por carretera se presenta en la Tabla 31 los resultados para cada modo analizado.

Tabla 31. Kilómetros totales recorridos por modo de transporte público y privado a nivel interurbano

		<i>Km totales recorridos (millones)</i>	2012	2013	2014	2015	2016
Público	Ferroviario	<i>Renfe Media Distancia Convencional</i>	36,13	35,72	33,10	32,73	34,91
		<i>Renfe Media Distancia Alta Velocidad</i>	6,22	7,45	5,41	5,49	7,79
		<i>Renfe Métrica Media Distancia</i>	0,38	0,37	0,31	0,23	0,23
		<i>Larga Distancia (Conven/Alta velocidad)</i>	57,63	59,99	64,01	61,01	59,84
	Carretera	<i>Autobus</i>	2.308	2.250	1.715	2.023	2.088
Privado	Carretera	<i>Turismos</i>	184.509	181.919	183.689	189.171	196.591
		<i>Motocicletas</i>	1.472	1.472	1.406	1.405	n.d.

Fuente: Elaboración propia a partir base de datos OTLE (Ferroviario y Autobús)-Ministerio de Fomento)

A partir de los kilómetros anuales recorridos o los pasajeros-kilómetro (según las unidades de consumo de las que se dispongan) se analizarán los flujos energéticos, medioambientales y económicos de cada modo de transporte público y privado por carretera en el capítulo correspondiente.

CAPÍTULO 5. Estudio del transporte terrestre de mercancías a nivel urbano e interurbano

El objetivo de este capítulo es analizar el transporte terrestre de mercancías tanto a nivel urbano como a nivel interurbano. Para ello, se consultarán diferentes bases de datos disponibles y extraerán datos contrastados que permitan desglosar el transporte de mercancías por modo.

5.1. Transporte terrestre de mercancías

Dentro del transporte terrestre de mercancías se observan los siguientes modos:

- **Transporte por carretera:** los vehículos de transporte de mercancías por carretera para los que se realizará el estudio en términos de demanda son:
- **Vehículo ligero (camioneta/furgoneta):** “vehículo automóvil especialmente acondicionado para el transporte cuyo peso máximo no exceda las 6 toneladas o que, si sobrepasa dicho peso, su capacidad útil no sea superior a 3,5 toneladas”. (17)
- **Vehículo pesado (camión/cabeza tractora):** “vehículo automóvil especialmente acondicionado para el transporte cuyo peso máximo autorizado sea superior a las 6 toneladas y cuya capacidad útil sea superior a 3,5 toneladas (ROTT, 2013: 41)”. (17)
 - *Vehículo rígido o camión:* vehículo para el transporte de mercancías por carretera provisto de medio propio de propulsión
 - *Cabeza Tractoras:* Vehículo provisto de medio propio de propulsión mecánica que puede arrastrar a un semirremolque.
- **Transporte ferroviario:** se considera transporte ferroviario de mercancías a todos los servicios de transporte proporcionados por cuenta ajena sobre líneas de la Red Ferroviaria de Interés General, concesionario TP Ferro y las líneas ferroviarias de la competencia autonómica del País Vasco, Cataluña y Castilla y León. El servicio de transporte de mercancías ferroviario se puede diferenciar por el operador siendo los dos principales Renfe Mercancías (estatal) y Empresas Privadas.

5.1.1. Datos disponibles para el transporte de mercancías a nivel interurbano

Transporte de mercancías por carretera (vehículos pesados)

Tabla 32. Fuentes de datos utilizados en el transporte de mercancías por carretera

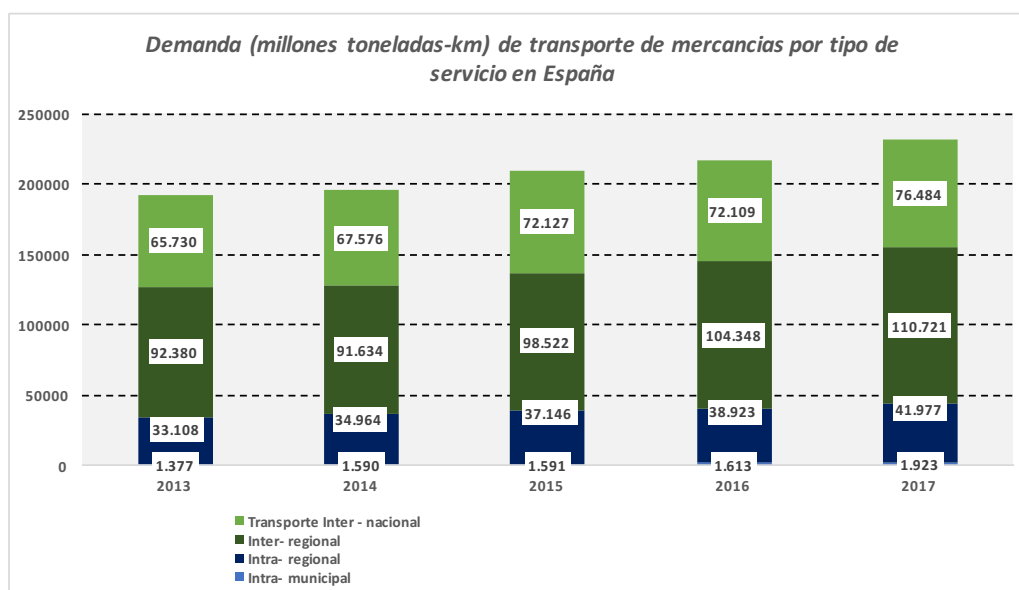
Transporte de mercancías por carretera: vehículos pesados	
Fuente de datos	Datos extraídos
Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera 2018. Oferta y demanda Vehículos autorizados por comunidad autónoma. Página 40 <i>Años disponibles:</i> 2000-2016 https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/CD6BCD8F-0642-40D0-A6FC-B47C2C1E88FD/147596/ObservatorioMercanciasenero2018.pdf	Vehículos autorizados. Distribución por CC.AA. (01-01-2018)
OTLE. Transporte de mercancías por carretera (toneladas-km) por titularidad de la vía. <i>Años disponibles:</i> 2002-2016 http://observatoriotransporte.fomento.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=266	Demanda (toneladas-km) a nivel intermunicipal
Encuesta permanente de Transporte de Mercancías por Carretera 2017. <i>Años disponibles:</i> 2015-2017. https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/C5238102-5E9D-4B33-A685-EF218D357B96/148651/EPTMC2017Texto.pdf	Toneladas transportadas por tipo de servicio (intra municipal, inter-regional, internacional) y por capacidad vehículo pesado

Tabla 33. Fuentes de datos utilizados en el transporte de mercancías por ferrocarril

Transporte ferroviario de mercancías	
Fuente de datos	Datos extraídos
OFE (Observatorio del ferrocarril) 2016. Página 154 <i>Años disponibles</i> 2006-2016.	Miles de toneladas netas transportadas, recorrido medio de la tonelada (km) y kilómetros recorridos por empresa

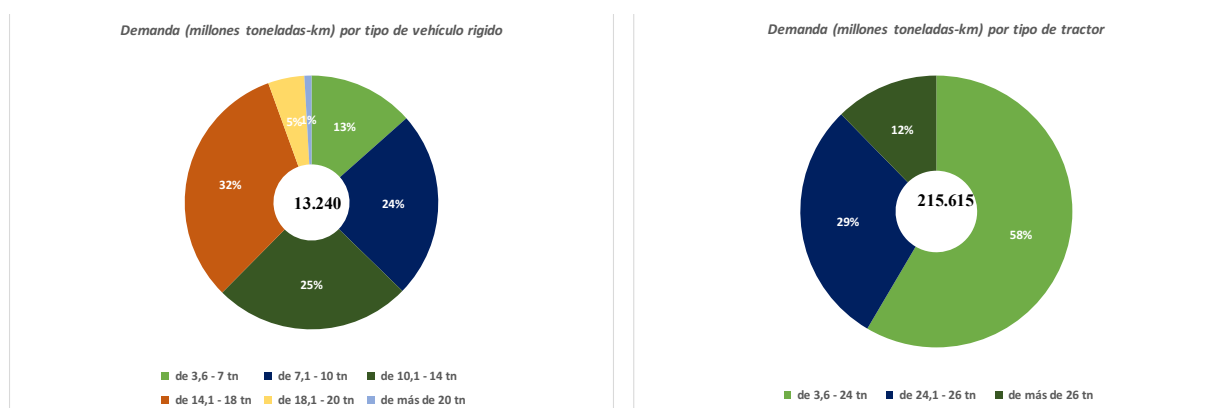
5.2. Extracción y homogeneización de datos: transporte terrestre de mercancías a nivel urbano y por carretera

El transporte de mercancías por carretera por transportistas españoles generó en el año 2017 un total de 231.105 millones de toneladas-kilómetro lo que supone un incremento del 6,9% con respecto al año anterior. De estos 231.105 millones de toneladas-km, cerca del 48% corresponden a transporte inter-regional, un 30% a internacional, 18% a intrarregional y el 1% restante a transporte intermunicipal. Como se puede observar en la figura 40, los trayectos interregionales e internacionales son los que han experimentado un mayor crecimiento.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE (Logística)
 Figura 40 Demanda (millones toneladas-km) de transporte de mercancías por tipo de servicio en España

Si se realiza un desglose de esa demanda por tipo de vehículo y capacidad de carga se puede observar que las cabezas tractoras absorbieron prácticamente el 93% (215.615 millones toneladas-km) de la demanda total en 2017. A partir de estos datos, el número medio de toneladas transportada por vehículo y el consumo medio por vehículo se obtienen los flujos.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE (Logística)
 Figura 41 Demanda (millones toneladas-km) por tipo de vehículo (rígido-tractor) y capacidad de carga

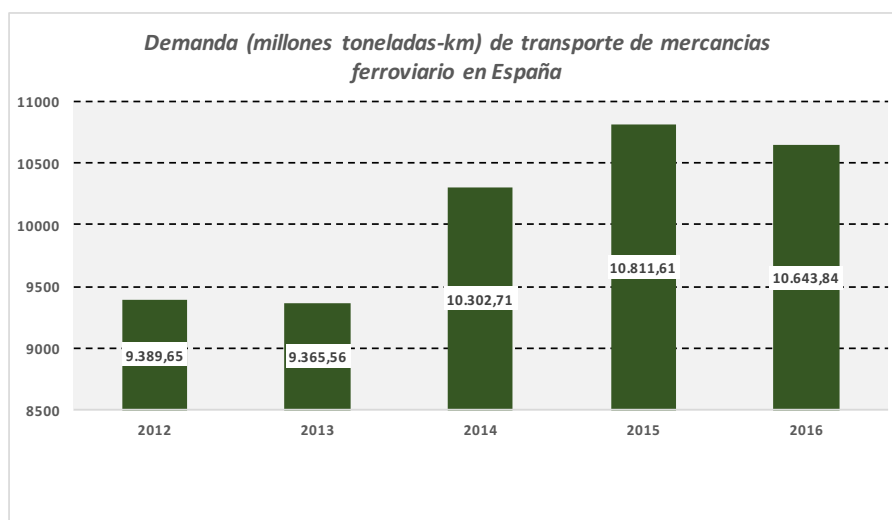
Nuevamente se hace necesario conocer la ocupación media (toneladas) de cada vehículo para así poder calcular el número total de kilómetros anuales recorridos por el transporte por carretera de mercancías en todo el territorio nacional. La ocupación media en toneladas por vehículo pesado se ha obtenido a partir del cociente entre la demanda (millones toneladas-km) y la oferta en términos de vehículo-km. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 34. Como se puede observar, el incremento de las toneladas totales producidas por kilómetro y una ocupación media que se ha mantenido se han trasladado a un aumento en los vehículos-kilómetros totales del transporte pesado de mercancías.

Tabla 34. Kilómetros totales recorridos por el transporte pesado de mercancías por carretera en España

	2013	2014	2015	2016
Ocupación media (Tn)	8,788	8,542	8,724	8,876
Millones tn-km	184.203	187.380	200.599	207.978
Km totales (millones)	20.960	21.936	22.995	23.432

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE (Logística)

El transporte ferroviario de mercancías produjo un total de 10.643 millones de toneladas-km en 2016, un 1,6% menos que el año anterior. Sin embargo, la tendencia de la demanda del transporte ferroviario de mercancías ha sido creciente desde 2012 experimentando una TCAC del 3,2 % (véase **figura 39**). De esos 10.643 millones de toneladas-km, cerca del 61% fueron absorbidas por Renfe Mercancías y el resto por empresas privadas. Las toneladas-km generadas por Euskotren Kargo y FGC no llegan a representar un 0,3% del total.



Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos OTLE (Logística)

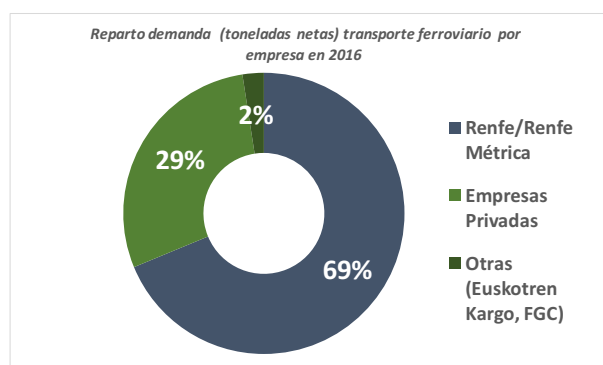
Evolución de la demanda (millones toneladas-km) de transporte de mercancías ferroviario en España

Del transporte ferroviario también se conocen el número de toneladas netas por empresa. La empresa que más toneladas netas transportó en 2016 fue Renfe Mercancías con un 69% del transporte total seguido por las empresas privadas que transportaron un 29% de las toneladas netas ese mismo año. Como se puede observar en la tabla 36, las toneladas netas transportadas por empresas privadas han experimentado una tendencia de crecimiento positiva entre 2013 y 2016 aumentando progresivamente su cuota sobre el total de toneladas transportadas. La tendencia de las empresas autonómicas como *Euskotren Kargo* y *FGC* es contraria a la sufrida por las privadas habiendo experimentado un aumento del 12,5% en el total de toneladas netas transportadas entre 2013 y 2016.

Tabla 35. Toneladas netas transportadas por empresa transporte ferroviario

	2013	2014	2015	2016
Toneladas netas	24.321	27.392	28.450	26.618
<i>Renfe/Renfe Métrica</i>	19.202	21.282	20.856	18.299
<i>Empresas Privadas</i>	4.374	5.383	6.886	7.664
<i>Otras (Euskotren Kargo, FGC)</i>	744	727	708	651

Fuente: Elaboración propia a partir de OFE



Fuente: Elaboración propia a partir de OFE
Figura 42 Desglose toneladas netas transportadas por empresa transporte ferroviario en 2016

El observatorio del ferrocarril (OFE) muestra también el número de kilómetros recorridos por los trenes de cada empresa. A partir de estos kilómetros y las toneladas kilómetro (según la unidad de consumo de la que se disponga) se calcularán los flujos energéticos y medioambientales en el capítulo correspondiente.

Los kilómetros totales recorridos por cada modo de transporte de mercancías en el territorio nacional se presentan en la **Tabla 36**.

Tabla 36. Kilómetros anuales recorridos por las empresas ferroviarias de transporte de mercancías

	2013	2014	2015	2016
Kilómetros recorridos	25.135.712	27.287.128	26.841.750	26.168.937
<i>Renfe Mercancías</i>	20.581.641	21.763.706	20.005.300	18.456.957
<i>Empresas Privadas</i>	4.554.071	5.523.422	6.836.450	7.711.980

Fuente: Observatorio del Ferrocarril en España (OFE)

Finalmente, se muestra la agregación de los kilómetros totales recorridos por los diferentes modos de transporte de mercancías en la **Tabla 37**.

Tabla 37. Comparación kilómetros totales recorridos por cada modo de transporte de mercancías

	Km recorridos (millones)	2013	2014	2015	2016
Ferroviario	<i>Renfe Mercancías</i>	20,58	21,76	20,01	18,46
	<i>Empresas Privadas</i>	4,554	5,523	6,836	7,712
Terrestre	<i>Carretera</i>	20.960	21.936	22.995	23.432
	<i>Urbano</i>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Fuente: Elaboración propia a partir de Observatorio del Ferrocarril en España (OFE) y OTLE

En la figura 43 se muestra el desglose final de los kilómetros recorridos por cada modo de transporte en el año 2015. Además, como una primera aproximación a los flujos energéticos se muestran las fuentes combustibles de cada modo de transporte.

					Km	Viajero-km	
URBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE/MOTO		94.365,2	n.d.	Gasoil/gasolina/híbrido/eléctrico
			BUS URBANO		309,5	n.d.	Gasoil/HEB/GNC
			BUS METROPOLITANO		286,9	n.d.	Gasoil
			TAXI		2.022,4	n.d.	Gasoil/gasolina/híbrido/eléctrico
		FERROVIARIO	METRO		267,9	6.152,3	Eléctrico
			RENFE CERCANIAS		60,2	7.593,1	Eléctrico
			RENFE		6,4	121,7	Eléctrico
			FGC		81,5	833,4	Eléctrico
			EUSKOTREN		26,2	378,3	Eléctrico/Gasoil
			TRANVÍA		16,9	187,7	Eléctrico/Gasoil
INTERURBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE		189,2	317.553,0	Gasoil/gasolina/híbrido/eléctrico
			MOTO		1.405,2	2.150,0	Gasoil/gasolina
			AUTOBÚS		2.023,5	46.389,0	Gasoil
		FERROVIARIO	MD CONV.		34,9	2.274,7	Gasoil/Eléctrico
			MD AVANT		7,8	797,4	Eléctrico
			MÉTRICA		0,2	17,5	Eléctrico
			LD CONV./AVE		61,0	14.643,7	Eléctrico
		TERRESTRE	CAMIÓN		23.432,0	n.a.	Gasoil/Eléctrico
			RENFE MERCANCIAS		20.005,3	n.a.	Gasoil/Eléctrico
			E. PRIVADAS		6.836,4	n.a.	Gasoil/Eléctrico
	MERCANCIAS	FERROVIARIO	OTRAS		708,0	n.a.	Gasoil/Eléctrico

Figura 43 Desglose millones de kilómetros recorridos en los diferentes modos del sector transporte

CAPITULO 6. Flujos energéticos, medioambientales y económicos

El objetivo de este capítulo es, determinar los flujos energéticos, medioambientales y económicos a partir de el desglose de kilómetros, pasajeros-kilómetro y toneladas-kilómetro por modo de transporte realizado en los capítulos 4,5,6. Para determinar los flujos de cada modo de transporte en primer lugar se estudiará la composición actual de su flota (si se conoce con exactitud) en términos de antigüedad. No sería razonable aplicar los consumos actuales para cada modo de transporte cuando la tecnología de la que deriva dicho consumo apenas ha penetrado en el parque actual. Por ejemplo, una flota envejecida de turismos o autobuses presentará diferentes eficiencias energéticas para una misma motorización además de diferentes tecnologías (gasoil, gasolina, eléctrico, híbrido). Por ello, es muy importante antes de determinar consumos medios, obtener una imagen en términos no solo de tecnología sino de antigüedad de la flota de vehículos para cada modo de transporte. A partir de dicha imagen, se estudiará la evolución del consumo y eficiencia energética para aquellas flotas de vehículos que presenten una edad media elevada.

Obtención de los coeficientes de emisión para los diferentes tipos de combustibles empleados en transporte para el año 2015.

La metodología empleada para el cálculo de los factores de emisión de los diferentes tipos de combustible empleados en el transporte, en el año 2015 es la siguiente:

Tabla 38. Emisiones de CO₂ asociadas al mix de generación eléctrica en el año 2015



Sistema eléctrico

Horizonte temporal

Periodo

Nacional

Mensual

2015

Emisiones de CO₂ asociadas a la generación mensual nacional

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	2015
Carbón	4.826.848	2.957.557	2.626.718	2.875.244	2.809.302	5.240.488	5.968.168	5.180.435	4.557.557	4.168.257	4.447.678	4.491.336	50.149.589
Fuel + Gas ⁽¹⁾	445.866	404.069	419.053	387.041	417.291	437.552	495.970	502.428	493.684	414.058	384.535	456.010	5.257.557
Ciclo combinado ⁽²⁾	1.037.890	825.921	814.403	861.688	833.983	902.479	1.490.679	1.075.321	956.995	1.089.524	1.045.790	1.220.251	12.154.925
Térmica renovable ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Térmica no renovable/Cogeneración y resto/Cogeneración ⁽³⁾	823.593	726.701	784.531	752.906	786.018	767.582	802.962	756.467	797.791	820.673	789.015	808.074	9.416.313
Residuos no renovables	47.447	42.627	49.827	40.329	49.893	50.488	53.605	54.384	52.210	55.339	52.252	46.826	595.226
Residuos renovables	15.396	14.284	17.282	11.400	15.574	17.529	17.559	16.874	16.847	18.228	17.877	17.482	196.332
Emisiones (tCO₂)	7.197.040	4.971.160	4.711.813	4.928.608	4.912.062	7.416.118	8.828.943	7.585.909	6.875.083	6.566.079	6.737.146	7.039.980	77.769.941
Factor de emisión de CO₂ (tCO₂/MWh)	0,292	0,214	0,203	0,239	0,231	0,341	0,349	0,331	0,323	0,314	0,321	0,325	0,290

⁽¹⁾ En el sistema eléctrico de Baleares y Canarias se incluye la generación con grupos auxiliares.

⁽²⁾ Incluye funcionamiento en ciclo abierto. En el sistema eléctrico de Canarias utiliza gasoil como combustible principal.

⁽³⁾ Incluye residuos hasta el 31/12/2014.

⁽¹⁾ En el sistema eléctrico de Baleares y Canarias se incluye la generación con grupos auxiliares.

⁽²⁾ Incluye funcionamiento en ciclo abierto. En el sistema eléctrico de Canarias utiliza gasoil como combustible principal.

⁽³⁾ Incluye residuos hasta el 31/12/2014.

Fuente: Red eléctrica de España

Para el consumo eléctrico derivado de los diferentes modos ferroviarios, se han obtenido los coeficientes de emisión de CO₂ asociados al mix de generación eléctrico anual calculado como la media de los mix energéticos mensuales el ejercicio 2015 que aporta Red Eléctrica Española (tabla 39). En este caso, el factor de emisión resultante del mix de generación eléctrica para el año 2015 se sitúa 0,290 T_{CO2}/MWh.

Para el resto de combustibles, los coeficientes de emisión, se han obtenido del documento: “Factores de Emisión, Registro de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de Dióxido de Carbono” publicado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente.

En este caso, para el ejercicio 2015, los factores de emisión que dicho documento recoge se presentan en la **Tabla 39**:

Tabla 39. Factores de emisión asociados a las diferentes fuentes combustibles en el año 2015

Factores de emisión combustibles consumidos en los diferentes medios de transporte (Año 2015)	
Gasolina (Kg CO₂/l)	2,205
Gasóleo A o B (Kg CO₂/l)	2,544
GNC (Kg CO₂/Kwh)	0,202
GNL (Kg CO₂/Kwh)	0,202
GLP (Kg CO₂/l)	1,671

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente

Nótese que las unidades del gas natural comprimido (GNC) y el gas natural licuado del petróleo (GLP) difieren del resto. Para homogeneizar las unidades, a partir de los poderes caloríficos obtenidos de la página de GASNAM (Asociación Ibérica del Gas Natural para la Movilidad) se obtienen los kg CO₂/l.

Tabla 40. Poderes caloríficos del gas

Poderes caloríficos GNC /GNL	
GNC (Kwh/l)	2,50
GNL (Kwh/l)	6,79

Fuente: Asociación Ibérica del Gas Natural para la Movilidad

Se obtienen pues los factores de emisión de CO₂ en el año 2015, a partir del volumen consumido de los diferentes combustibles en el caso de gasolina, gasóleo, gas natural comprimido, gas natural licuado y gas licuado de petróleo. En el caso de la energía eléctrica consumida se usará el valor de REE.

Tabla 41. Factores de emisión diferentes combustibles consumidos en kg/l

Factores de emisión combustibles consumidos en los diferentes medios de transporte (Año 2015)	
Gasolina (Kg CO ₂ /l)	2,205
Gasóleo A o B (Kg CO ₂ /l)	2,544
GNC (Kg CO ₂ /l)	0,505
GNL (Kg CO ₂ /l)	1,371
GLP (Kg CO ₂ /l)	1,671
Electricidad (Kg CO ₂ /KWh)	0,290

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente

6.1 Transporte público de viajeros a nivel urbano: autobús, metro y taxi

Para determinar los flujos energéticos del transporte público de viajeros a nivel urbano se ha diferenciado por modos. Para el cálculo de los flujos energéticos del metro y metro ligero/tranvía se han extraído las eficiencias energéticas de la herramienta de IDAE [IDAE18]. Para los taxis, se va a aplicar el desglose de tecnologías de Madrid a las licencias de todas las capitales de provincia. Se usarán los mismos datos de consumos medios por tipo de combustible que el modo transporte privado en turismo aplicando únicamente el consumo del año 2015 pues se entiende que la eficiencia energética del vehículo es fundamental en el modo taxi. Para los autobuses, se estudiará la flota de vehículos en las diferentes áreas metropolitanas para entender como es el desglose por tecnologías. Seguidamente se realizará un reparto de los kilómetros totales recorridos de este modo entre las diferentes tecnologías en función de sus penetraciones en la flota de vehículos.

6.1.1. Transporte público urbano de pasajeros: autobús urbano

Para realizar el cálculo de consumo y de emisiones de CO₂ generados por el modo autobús urbano en las áreas metropolitanas del país, en primer lugar, se ha usado las superficies urbanizadas en las que se asientan estas áreas, así como las poblaciones extraídas de las bases de datos INE y AUDES.

Se ha trabajado sobre las 50 principales áreas metropolitanas del país que concentran a más del 90% de la población asentada en zonas urbanas y metropolitanas, concretamente el 91,5 %.

Seguidamente, se ha consultado la información que aparece en las páginas oficiales de las principales empresas de gestión de transporte urbano en las áreas metropolitanas de las que se conocen datos:

- EMT: Empresa Municipal de Transporte de Madrid.
- TMB: Transporte Metropolitano de Barcelona.
- EMTV: Empresa Municipal de Transportes de Valencia.
- TUSSAN: Empresa de Transporte Urbano de Sevilla.
- EMTSAM: Empresa de Transporte urbano de Málaga.
- BILBOBUS: Empresa de Transporte urbano de Bilbao.

El conjunto de estas seis empresas gestiona el transporte metropolitano en bus para un conjunto cercano al 50% de la población asentada en áreas metropolitanas estudiadas.

La información consultada en las páginas de dichas empresas de gestión del transporte urbano ha sido:

- Flota de transporte y características de la misma, en cuanto a tipo de combustible (biodiesel, gas natural, híbridos y eléctricos).
- Kilómetros recorridos al año por la flota de transporte.
- Viajeros transportados al año.

A partir de la información anterior, se han obtenido ratios medios de:

- N° de vehículos totales en función de la superficie. urbanizada

- Nº de vehículos por tecnología en función de la superficie.
- Kilómetros totales recorridos en función de la superficie.

A partir del supuesto de que el desglose del parque móvil de autobuses por tecnologías de las áreas metropolitanas anteriormente mencionadas (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga y Bilbao) es igual en todas las áreas metropolitanas nacionales, se han extrapolado los ratios obtenidos al resto de áreas obteniendo así el total de kilómetros/año realizados para el conjunto de las 50 áreas metropolitanas. También se han estimado el conjunto total de vehículos que operan en la misma, su distribución por tipo de consumo de combustible y kilómetros realizados por tipo de consumo de combustible.

Tabla 42. Distancias recorridas en las diferentes áreas metropolitanas por los modos autobús urbano y metropolitano

	AREA URBANA	Flota de transporte					Kms recorridos bus en función de la tecnología				
		Biodiesel(20% biodiesel y 80% gasóleo)	Gas Natural	Híbrido (Gasolén/ electricidad)	Eléctrico	Total	Kms /año(M)	Kms recorridos Biodiesel(M)	Kms recorridos Gas Natural (M)	Kms recorridos Híbrido (M)	Kms recorridos Eléctrico (M)
1	Madrid	1041	939	0	20	2000	90,00	46,85	42,26	0,00	0,90
2	Barcelona	538	372	156	4	1070	60,00	30,17	20,86	8,75	0,22
3	Valencia	378	80	22		480	21,00	16,54	3,50	0,96	0,00
4	Sevilla	213	157		4	374	22,00	12,53	9,24	0,00	0,24
5	Málaga	239	4	15		258	12,00	11,12	0,19	0,70	0,00
6	Bilbao	38		110		148	6,00	1,54	0,00	4,46	0,00
7	Asturias	371	235	46	4	657	32,02	18,09	11,48	2,24	0,21
8	Zaragoza	583	370	72	7	1031	50,24	28,39	18,01	3,52	0,32
9	Alicante/Elche	173	110	21	2	307	14,96	8,45	5,36	1,05	0,10
10	Murcia	312	198	39	4	553	26,94	15,22	9,66	1,89	0,17
11	Bahía de Cádiz	455	288	56	5	805	39,22	22,16	14,06	2,74	0,25
12	Vigo-Pontevedra	189	120	23	2	334	16,27	9,19	5,83	1,14	0,11
13	Palma de Mallorca	232	147	29	3	410	19,98	11,29	7,16	1,40	0,13
14	Las Palmas de Gran Canaria	66	42	8	1	117	5,69	3,21	2,04	0,40	0,04
15	Granada	211	134	26	2	373	18,16	10,26	6,51	1,27	0,12
16	Santa Cruz de Tenerife-La Laguna	101	64	12	1	179	8,70	4,92	3,12	0,61	0,06
17	La Coruña	112	71	14	1	198	9,63	5,44	3,45	0,67	0,06
18	Donostia-San Sebastián	96	61	12	1	169	8,25	4,66	2,96	0,58	0,05
19	Valladolid	189	120	23	2	335	16,34	9,23	5,86	1,14	0,11
20	Tarragona-Reus	91	57	11	1	160	7,81	4,41	2,80	0,55	0,05
21	Pamplona	99	63	12	1	176	8,57	4,84	3,07	0,60	0,06
22	Córdoba	319	202	39	4	564	27,47	15,52	9,85	1,92	0,18
23	Santander/Torrelavega	65	41	8	1	115	5,62	3,18	2,01	0,39	0,04
24	Castellón de la Plana	74	47	9	1	131	6,40	3,62	2,30	0,45	0,04
25	Vitoria	70	45	9	1	124	6,06	3,42	2,17	0,42	0,04
26	Bahía de Algeciras	148	94	18	2	262	12,77	7,21	4,58	0,89	0,08
27	Cartagena	148	94	18	2	262	12,76	7,21	4,57	0,89	0,08
28	Almería	102	64	13	1	180	8,76	4,95	3,14	0,61	0,06
29	Costa Blanca	80	51	10	1	142	6,92	3,91	2,48	0,48	0,04
30	Costa del sol	101	64	13	1	180	8,75	4,94	3,14	0,61	0,06
31	Gran Canaria Sur	174	110	22	2	307	14,98	8,47	5,37	1,05	0,10
32	León	104	66	13	1	185	9,00	5,09	3,23	0,63	0,06
33	Tenerife Sur	100	63	12	1	176	8,58	4,85	3,08	0,60	0,06
34	Salamanca	29	18	4	0	51	2,46	1,39	0,88	0,17	0,02
35	Burgos	38	24	5	0	67	3,25	1,84	1,17	0,23	0,02
36	Logroño	55	35	7	1	98	4,77	2,70	1,71	0,33	0,03
37	Huelva	59	37	7	1	104	5,04	2,85	1,81	0,35	0,03
38	Albacete	286	181	35	3	506	24,64	13,93	8,83	1,72	0,16
39	Lleida	108	69	13	1	191	9,33	5,27	3,34	0,65	0,06
40	Badajoz	389	247	48	4	688	33,53	18,95	12,02	2,35	0,22
41	Guadalajara	99	63	12	1	176	8,56	4,84	3,07	0,60	0,06
42	Girona	46	29	6	1	81	3,95	2,23	1,41	0,28	0,03
43	Santiago de Compostela	96	61	12	1	170	8,30	4,69	2,98	0,58	0,05
44	Jáen	186	118	23	2	329	16,05	9,07	5,75	1,12	0,10
45	Ferrol	54	34	7	1	95	4,65	2,63	1,67	0,33	0,03
46	Ourense	64	41	8	1	114	5,54	3,13	1,99	0,39	0,04
47	Giardia	38	24	5	0	67	3,24	1,83	1,16	0,23	0,02
48	Toledo	139	88	17	2	246	12,00	6,78	4,30	0,84	0,08
49	Cáceres	492	312	61	6	870	42,41	23,97	15,20	2,97	0,27
50	Orhuela	103	65	13	1	182	8,87	5,01	3,18	0,62	0,06
TOTAL		9.491	6.020	1.175	109	16.795	818,43	462,01	293,76	57,37	5,29

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de empresas responsables de transporte metropolitano en España

A partir de los cálculos y estimaciones realizadas en los capítulos anteriores, el modo de transporte público autobús urbano/metropolitano ha recorrido en el año 2015 un total de 818,43 millones de kilómetros.

En tercer lugar, han sido consultadas las fichas de características técnicas de diferentes marcas de vehículos, en función del tipo de combustible consumido. Para poder entender correctamente este punto, es importante considerar que todas las emisiones que aportan los fabricantes de autobuses son en función de los famosos ciclos de prueba (como se indica en la **Tabla 43**). Todos los vehículos están obligados a someterse a estos ciclos antes de ser lanzados

al mercado y gracias a los cuales se conocen las emisiones para dichos ciclos y consumo de cada tipo de autobús en función de su motor y potencia.

Tabla 43. Consumos de diferentes modelos de autobuses urbanos en función de sus ciclos de prueba

Modelo		Lion's City NL 293	Lion's City Hybrid	Citaro Diésel Euro VI	Citaro NGT Euro VI	Citaro Compact Hybrid Euro VI
Fabricante		MAN		Mercedes-Benz		
Motor		Diesel	Híbrido	Diesel	Gas Natural	Híbrido
Potencia		213 kW	184 kW	220 kW	222 kW	220 kW
Ciclo 1 (tráfico pesado)	Consumo (l/100km)	41.0	30.9	40.15	44.69	37.3
	CO ₂ (g/km)	1078	813	1059.96	1135.1	985.8
	NO _x (g/km)	0.6	0.46	-	-	-
	PM (g/km)	0.02	0.01	-	-	-
	CO (g/km)	0	0	-	-	-
Ciclo 2 (semáforo de la ciudad)	Consumo (l/100km)	35.3	29.9	34.96	35.94	32.3
	CO ₂ (g/km)	928	786	922.94	912.9	858.3
	NO _x (g/km)	0.52	0.44	-	-	-
	PM (g/km)	0.01	0.01	-	-	-
	CO (g/km)	0	0	-	-	-
Ciclo 3 (suburbana)	Consumo (l/100km)	32.9	28.7	32.37	31.49	30.1
	CO ₂ (g/km)	865	755	854.57	799.8	794.7
	NO _x (g/km)	0.49	0.42	-	-	-
	PM (g/km)	0.01	0.01	-	-	-
	CO (g/km)	0	0	-	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de ficha técnicas de fabricantes Lion's y y Citaro

Como no se conoce el reparto de kilómetros recorridos por este modo a nivel urbano (zona centro de la ciudad) y metropolitano (incluye corona periférica), para el cálculo tanto de consumos, como de emisiones de CO₂, se ha considerado el denominado ciclo 2. Este ciclo recoge los consumos y emisiones medias tanto de condiciones de un tráfico de gran intensidad, concentrado en zonas céntricas de las áreas urbanas como de un tráfico más fluido en coronas periféricas de esas mismas áreas.

De esta manera, los consumos medios de combustible considerados por tecnología, así como las emisiones medias de CO₂ consideradas se presentan en **Tabla 44** y **Tabla 45** respectivamente.

Tabla 44. Consumos medios autobuses urbanos en función del combustible empleado

CONSUMOS MEDIOS (l/100 Km)	
Diesel/Biodiesel	35
GNC	36
Híbrido	31

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnicas de fabricantes Lion's, y Citaro

Tabla 45. Emisiones medias de los autobuses urbanos en función del combustible empleado

EMISIONES CO ₂ (gr/Km)	
Diesel/Biodiesel	925
GNC	913
Híbrido	822

Fuente: Elaboración propia a partir de fichas técnicas de fabricantes Lion's y Citaro

A partir de los kilómetros realizados al año por el conjunto de autobuses urbanos en el ámbito urbano y metropolitano, el combustible consumido, las cifras medias de consumo y emisiones se obtienen las magnitudes de consumo total de combustible y emisiones realizadas por el transporte urbano y metropolitano de autobuses en el año 2015. Los resultados se recogen en la **Tabla 46**.

Tabla 46. Consumos y emisiones totales de los autobuses urbanos en el año 2015 en función del combustible empleado

Combustible	Km	l	KgCO ₂
Diesel/Biodiesel	4,62E+08	1,62E+08	4,12E+08
GNC	2,94E+08	1,06E+08	2,14E+07
Híbrido (diesel)	5,74E+07	1,78E+07	4,53E+07
TOTAL	8,13E+08	2,85E+08	4,79E+08

Fuente: Elaboración propia a partir de fabricantes y demanda

Según las estimaciones y cálculos realizados, en el año 2015, el autobús urbano de pasajeros ha consumido un total de 284,6 millones de litros de combustible (diésel, GNC, híbrido) y emitido 742,7 millones de kilogramos de CO₂.

Seguidamente para conseguir homogeneidad en los cálculos finales, se traduce este consumo en litros a toneladas equivalentes de petróleo y julios.

Tabla 47. Tablas de conversiones de unidades

Conversión GNC		Conversión Diesel	
l-m ³	1,00E-03	kg-l	8,32E-01
m ³ -tep	2,15E-01	kg-tep	1,04E-03
tep-j	4,19E+10	tep-J	4,19E+10

Tabla 48. Consumos y emisiones de los autobuses urbanos en función del combustible empleado

Combustible	l	kg	tep	J
Diesel/Biodiesel	1,6E+08	1,3E+08	1,4E+05	5,8E+15
GNC	1,1E+08	n.a.	2,3E+04	9,5E+14
Híbrido (diesel)	1,8E+07	1,5E+07	1,5E+04	6,4E+14
TOTAL	2,9E+08	n.a.	1,8E+05	7,4E+15

Fuente: Elaboración propia a partir del consumo energético del autobús urbano

6.1.2. Transporte público urbano de pasajeros: metro, metro ligero y tranvía

Para determinar el consumo energético del transporte público urbano de pasajeros metro, metro ligero y tranvía, en primer lugar, se ha utilizado la herramienta de cálculo para transporte ferroviario del IDAE. Esta herramienta permite extraer la eficiencia energética del vehículo en kWh/km en función del servicio ofertado (metro, cercanías, AVANT, etc.) y el modelo del tren. Consiste en una metodología de valoración del consumo energético de diferentes composiciones ferroviarias atendiendo a sus características técnicas y diseño, así como al tipo de vía en el que van a prestar servicio. Para determinar los diferentes tipos de tren que opera el servicio de metro se ha consultado el parque móvil en su web.

Los coches y series en funcionamiento de metro se recogen en la **Tabla 49**.

Tabla 49. Modelos del parque móvil de metros y nº de coches de cada tipo

<i>Tipo de material móvil</i>	<i>nº de coches</i>
2000	724
3000	500
5000	202
6000	19
7000	222
8000	389
9000	258
metros ligeros	8
TOTAL	2322

Fuente: Elaboración propia a partir de RENFE

Sin embargo, no todos los modelos están presentes en la herramienta del IDAE. Por ello, se ha determinado la eficiencia energética y el consumo de aquellos modelos de los que se disponen datos en la herramienta y que son los siguientes: 3000, 5000, 7000B y 9000B.

Tabla 50. Eficiencias energéticas diferentes modelos de metro

Consumo de energía (kWh/viajero · 100km)		METRO/METRO LIGERO				
Resultados	Modelo (100km)	3000	5000	7000B	9000B	Consumo medio
Energía importada en pantógrafo	kWh/viajero	12,41	11,31	10,30	10,88	11,22
Consumo neto en pantógrafo	kWh/viajero	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Suplemento de CO ₂ , consumos indirectos	kgCO ₂ /m ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta de cálculo de transporte ferroviario del IDAE

La eficiencia energética media de los diferentes modelos de metro medida a partir del consumo en el pantógrafo (dispositivo a través del cual una locomotora, automotor o cualquier otro vehículo ferroviario recibe la energía eléctrica que le proporciona la fuerza de tracción) se sitúa en 11,22 kWh/viajero-100 km. Nótese que este es el consumo bruto del vehículo ferroviario, es decir el que obtiene directamente de la red sin considerar las pérdidas y eficiencias oportunas.

Se ha hecho el supuesto de que los consumos de los vehículos de metro ligero y tranvía son iguales al metro. Aunque se conocen las demandas exactas tanto del metro como del metro ligero y tranvía, la herramienta de cálculo del IDAE no recoge las eficiencias de estos modos de transporte. Teniendo en cuenta que su demanda en 2015 apenas representa un 3% de la demanda total de estos tres servicios, el impacto en los flujos energéticos y medioambientales al considerar una eficiencia energética y emisiones diferente para los servicios metro ligero y tranvía es mínimo y por ende se ha obviado.

A partir de la eficiencia energética y la suma total de viajeros-kilómetro de los tres modos (metro, metro ligero y tranvía) obtenidos en el capítulo 4, se obtiene la energía consumida en

el año 2015 y emisiones totales de los modos metro, metro ligero y tranvía en todo el territorio nacional.

Tabla 51. Consumo energético del metro, metro ligero y tranvía en el año 2015

	2015
Consumo energético (kWh/viajero-km)	0,11
Viajeros-km	6,3E+09
kWh	7,11E+08
tep	6,12E+04
J	2,56E+15
Emisiones (kgCO₂)	2,06E+08

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE y demandas del capítulo 4

Según los cálculos y estimaciones realizadas, en el año 2015, los modos de transporte público urbano metro, metro ligero y tranvía alcanzaron conjuntamente un consumo de 2,56E+15 J y emitieron un total de 2,06E+08 kgCO₂.

6.1.3. Transporte público urbano de pasajeros: taxi

Para calcular el consumo energético de la flota de taxis a nivel nacional, se va a aplicar el desglose de tecnologías en Madrid a todas las licencias a nivel nacional. Seguidamente se usará el consumo determinado para los turismos.

Para los consumos se aplicarán los siguientes datos dependiendo de la tecnología empleada.

VEHICULO DIESEL	CONSUMO (l/100 km)
RENAULT MEGANE	5,60
SEAT TOLEDO	4,70
SEAT ALHAMBRA	6,10
FORD MONDEO	5,70
VOLKSWAGEN PASSAT	5,90
CONSUMO MEDIO	5,60

VEHICULO HIBRIDO	CONSUMO (l/100 km)
Toyota Aurys Hybrid	3,5
Toyota Prius	3,3
Kia Niro	3,8
Hyunday Joniq	3,4
CONSUMO MEDIO	3,5

VEHICULO GLP	RANGOS DE CONSUMO		CONSUMO (l/100 km)
MEGANE II 1,6	9,38	10.2	9,38
OCTAVIA 1,6	7,65	9,06	8,36
VOLVO S 60 2,4	9,24	10.34	9,24
CONSUMO MEDIO			8,99

Sin embargo, se aplicará el consumo correspondiente al año 2015, es decir el más reciente pues se asume que los taxis en circulación son vehículos matriculados en los últimos años ya que minimizar el consumo energético del vehículo es una variable esencial para aumentar la rentabilidad del negocio del taxi.

Como supuesto, se desglosarán los kilómetros realizados de forma proporcional al número de vehículos de cada tipo obviándose los eléctricos y gas natural pues su presencia es residual comparado con el parque móvil. Este desglose se muestra en la **Tabla 52**.

Tabla 52. Distribución de las distancias recorridas por los taxis según tecnología empleada

Distribución km.			km (000) 2015
Tecnología	Licencias	%	3.033.634
Diesel	10.115	64,6%	1.941.525
Hibrido	3.490	22,3%	676.500
GLP	2.021	12,9%	391.338
Eléctrico	29	0,2%	6.067
Gas Natural	6	0,0%	0,00
Total	15.661	100,0%	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE y datos capítulo 4

Para la **tecnología diésel**:

Tabla 53. Consumo energético y emisiones anuales de los taxis con tecnología diésel

	2015
Consumo energético (l/km)	0,056
Km recorridos	1,94E+09
Consumo (l)	1,08E+08

	2015
Emisiones de CO ₂ (kg CO ₂ /l)	2,544
Consumo (l)	1,08E+08
Total millones kg CO ₂	2,75E+08

Fuente: Elaboración propia a partir de datos anteriores

Para la **tecnología híbrido:**

Tabla 54. Consumo energético y emisiones anuales de taxis con tecnología híbrido

	2015
Consumo energético (l/km)	0,035
Km recorridos	6,76E+08
Consumo (l)	2,36E+07

	2015
Emisiones de CO₂ (kg CO₂/l)	2,205
Consumo (l)	2,36E+07
Total millones kg CO₂	5,22E+07

Fuente: Elaboración propia a partir de datos anteriores

Para la **tecnología GLP:**

Tabla 55. Consumo energético y emisiones anuales de los taxis con tecnología GLP

	2015
Consumo energético (l/km)	0,0899
Km recorridos	3,91E+08
Consumo(l)	3,71E+07

	2015
Emisiones de CO₂ (kg CO₂/l)	1,671
Consumo (l)	3,71E+07
Total millones kg CO₂	6,20E+07

Fuente: Elaboración propia a partir de datos anteriores

A partir de los kilómetros realizados al año por el conjunto de taxis, el combustible consumido, las cifras medias de consumo y emisiones, se obtienen las magnitudes en cuanto a consumo total de combustible y emisiones realizados por el transporte urbano en taxi.

Tabla 56. Consumos energéticos de las diferentes tecnologías del taxi

Combustible	l	KgCO ₂	tep	J
Diesel	1,08E+08	2,75E+08	9,25E+04	3,90E+15
Hibrido (gasoline)	2,36E+07	5,21E+07	2,02E+04	8,52E+14
GLP	3,71E+07	6,20E+07	3,18E+04	1,34E+15
TOTAL	1,69E+08	3,89E+08	1,44E+05	6,09E+15

Según los cálculos y estimaciones realizados, el modo de transporte urbano taxi consumió en 2015 un total de 6,09E+15 julios y emitió un total de 3,89E+08 Kg de CO₂.

6.1.4 Transporte público urbano de pasajeros: cercanías

El consumo del modo cercanías se ha obtenido de la herramienta de cálculo del IDAE. Igual que para el caso del metro, se ha comprobado los modelos del parque existente que ofrecen servicio de cercanías. La herramienta de IDAE no permite el cálculo de consumo energético y medioambiental para los modelos de FGC y Euskotren. Sin embargo, la motorización de la totalidad de los coches que ofrecen estos servicios es eléctrica. Se hará pues el supuesto de que el consumo energético de los coches pertenecientes al servicio FGC y Euskotren es el mismo que el de cercanías.

Los coches y series en funcionamiento en el servicio cercanías Renfe son los siguientes:

Tabla 57. Modelos del parque móvil del servicio cercanías Renfe

<i>Tipo de material móvil</i>
Cercanías 442
Cercanías 446
Cercanías 447
Cercanías 450 y 451

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de RENFE cercanías.

Seguidamente se ha calculado la media de los diferentes consumos en kWh/viajeros-km.

Tabla 58. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren de cercanías

Consumo de energía (kWh/viajero · 100km)		CERCANIAS				
Resultados	Modelo (100km)	442	446	447	450 / 451	Consumo medio
Energía importada en pantógrafo	kWh/viajero	n.d.	5,69	5,24	5,40	5,44
Consumo neto en pantógrafo	kWh/viajero	n.d.	0,70	0,59	0,92	0,74
Suplemento de CO ₂ , consumos indirectos	kgCO ₂ /m ²	n.d.	0,18	0,15	0,24	0,19

Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta de cálculo de transporte ferroviario del IDAE

A partir del consumo medio (kWh/viajero-km) de los diferentes modelos de tren cercanías y la demanda absorbida en km-viajero por el servicio Cercanías Renfe, Cercanías (antiguo Renfe métrica), Euskotren y FGC se calcula el consumo energético total del modo cercanías en el año 2015.

Tabla 59. Consumo energético y emisiones del modo cercanías en el año 2015

	2015
Consumo energético (kWh/viajero-km)	0,0544
Viajeros-km	9,1E+09
kWh	4,9E+08
tep	4,2E+04
J	1,8E+15
Emisiones (kgCO ₂)	1,4E+08

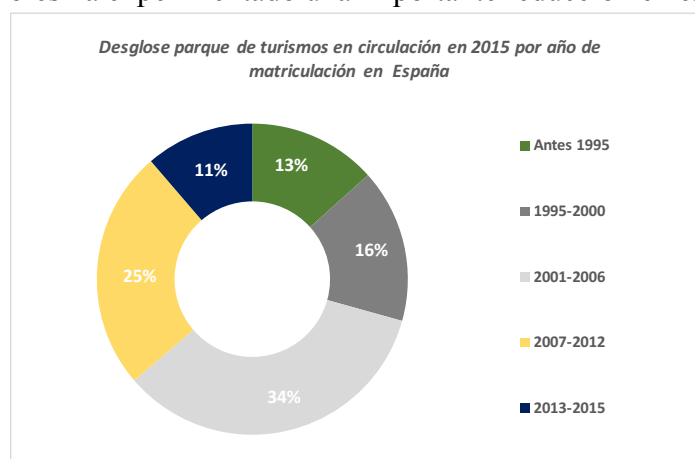
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la herramienta de transporte ferroviario de IDAE y datos capítulo 4

Según los cálculos y estimaciones realizadas, los servicios ferroviarios de transporte de pasajeros a nivel urbano en España (Cercanías Renfe, Cercanías, Euskotren y FGC) consumieron un total $4,9\text{E}+08$ kWh lo que equivale a $1,8\text{E}+15$ J en 2015 y emitieron $1,4\text{E}+08$ kgCO₂.

6.2. Transporte privado de viajeros a nivel urbano: coche, moto y “car-sharing”

Para entender el transporte privado de viajeros a nivel urbano donde el coche el modo predominante se hace necesario estudiar el parque actual de automóviles por edad media y tipo combustible. Para ello, se ha descargado la flota actual de turismos en circulación por año de matriculación (Antes 1995-2015) y tipo de combustible (gasolina, gasoil y otros) de la DGT. A partir de esta base de datos se van a desglosar el parque de vehículos en circulación por antigüedad y combustible. Seguidamente se va a estimar la evolución del consumo medio entre el año 2000 y 2015 de las marcas y modelos vehículos con mayor número de matriculaciones en España según la ANIACAM. Una vez estimada la evolución del consumo en ese periodo temporal y conocido el desglose de la flota de automóviles por edad media y combustible se podrá estimar el flujo energético y medioambiental del modo de transporte coche a nivel urbano e interurbano. No se diferenciará en términos de consumo o de características de la flota en el ámbito urbano e interurbano pues no existen datos contrastados que reflejen la predominancia de uso de un combustible o la edad media de vehículo en el ámbito urbano e interurbano. Si bien es cierto que para modo “taxi”, tal y como se ha explicado en el capítulo 3, se conoce el desglose de tecnologías para Madrid y se extrapolará dicho dato a todo el territorio nacional. La misma metodología aplicada a los turismos se aplicará a las motocicletas. Se realizará un desglose por año de matriculación y combustible del parque de motocicletas en 2015 y seguidamente se estimarán consumos medios de los modelos con mayor presencia según ANIACAM.

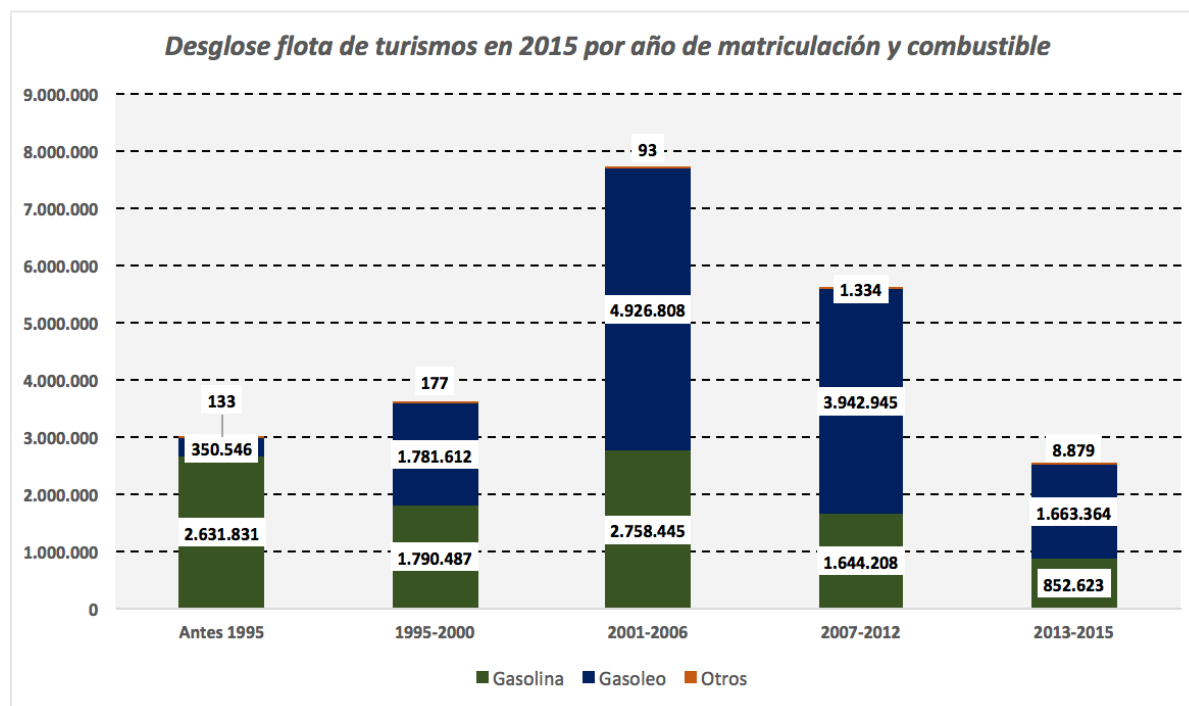
Si se observa el desglose en 2015 del parque de turismos en circulación por año de matriculación en España se puede entender lo comentado en el segundo capítulo sobre el envejecimiento de la flota española de vehículos. Según datos de la DGT, el 76% (véase figura 40) del parque de turismos matriculados en España tenían una edad superior a los 10 años en España en 2015. Como se verá a continuación, el consumo medio de los automóviles para los diferentes combustibles ha experimentado una importante reducción en estos últimos 15 años.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANIACAM

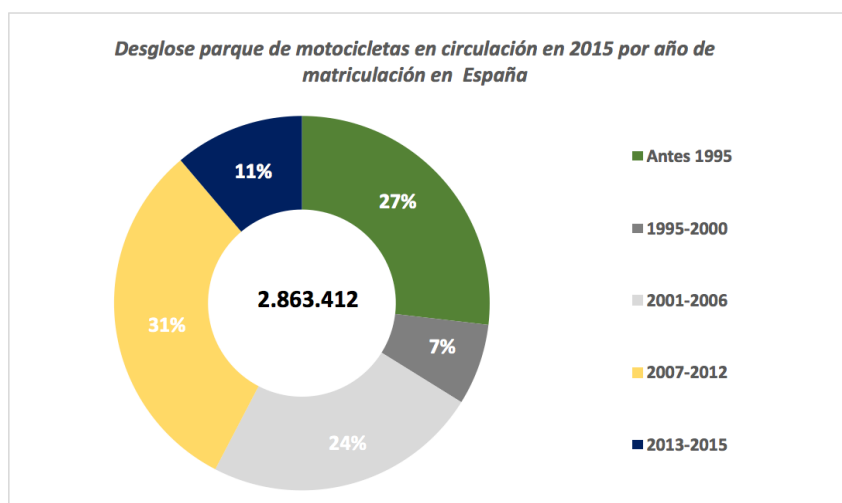
Figura 44 Desglose parque de turismos en circulación en 2015 por año de matriculación en España

En la figura 45 se puede observar como la tecnología diésel ha penetrado progresivamente en los últimos 15 años en el parque de vehículos en circulación. Cabe destacar también el creciente número de matriculaciones de vehículos eléctricos e híbridos clasificados como “otros”. Entre 2013 y 2015, se matricularon siete veces más vehículos híbridos y eléctricos que en los veinte años anteriores.



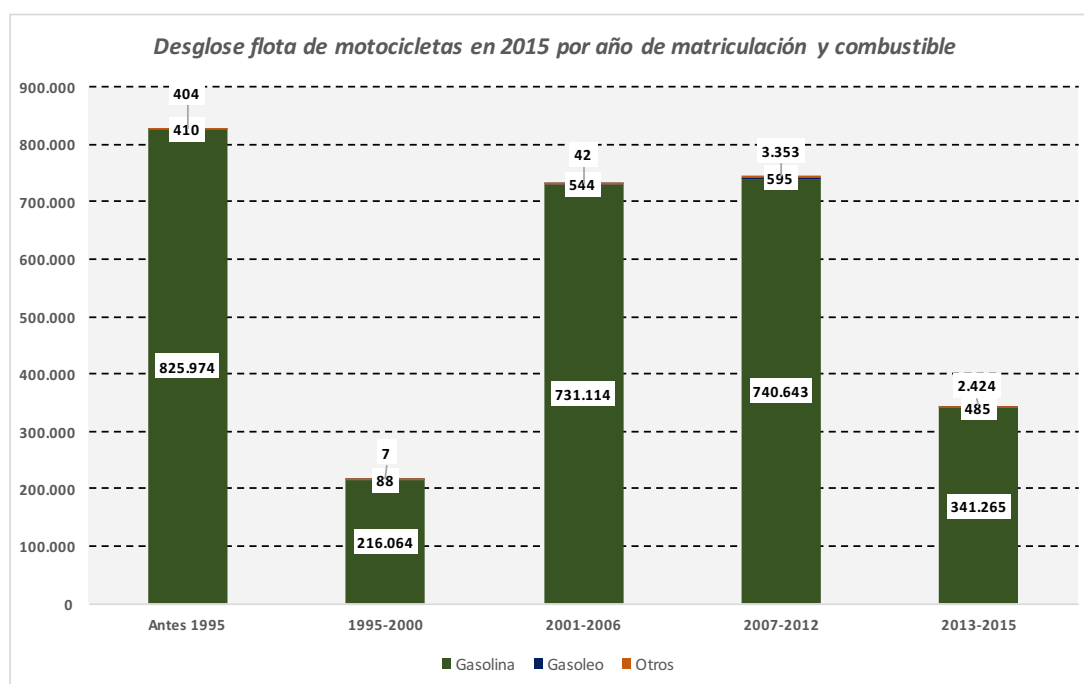
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANIACAM
Figura 45 Desglose flota de turismos en 2015 por año de matriculación

El parque actual de motocicletas en circulación según año de matriculación muestra un envejecimiento similar a los turismos. Como se puede observar en la figura 46 más de un cuarto de la flota de motocicletas en circulación en el año 2015 fueron matriculadas antes del año 1995 y el 60% de la flota tiene más de 10 años desde su matriculación.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANIACAM
Figura 46 Desglose parque de motocicletas en circulación año 2015

El desglose por tecnologías del parque de motocicletas muestra la clara predominancia de la gasolina frente al gasoil representando el número de vehículos que usan gasoil como fuente de combustible del 1% de la flota total en circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANIACAM
Figura 47 Desglose flota motocicletas 2015 por año de matriculación

Para analizar la evolución del consumo medio de la flota de vehículos actual considerando el desglose por año de matriculación, se ha estudiado la evolución entre el año 2000-2015 de 22 modelos tanto en su versión gasoil como gasolina de coches pertenecientes a las marcas con mayor presencia en el parque actual de vehículos que ya existían el año 2000 y se han seguido comercializando hasta el año 2015. Para extraer dichas marcas/modelos con mayor presencia en el parque actual de vehículos, se ha consultado la base datos de

matriculaciones por marca anuales de ANIACAM. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 60**. Según dichos resultados, el consumo de los vehículos de gasoil ha experimentado un decrecimiento del -12,8% y la gasolina del -13,9% entre los años 2000 y 2015.

Tabla 60. Consumos medio anual en función del año de matriculación

Consumo medio anual				
	Año	Gasoil (l/100km)	Gasolina (l/100km)	Híbrido (l/100km)
Consumo Medio Anual	2000	6,44	8,50	0,00
	2005	5,79	7,78	0,00
	2010	5,15	7,10	0,00
	2015	4,51	6,41	3,53

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ANIACAM

Para determinar la evolución del consumo de las motocicletas, en su mayoría de gasolina, se han usado datos del consumo medio para el año 2000 y se ha aplicado la misma tendencia decreciente que en los coches. El consumo de las motocicletas es notablemente inferior al de los turismos además de ser un parque móvil mucho más reducido. Por ello, una vez se haga el reparto proporcional de kilómetros según el tamaño del parque móvil de cada modo, los kilómetros asignados al modo motocicleta serán notablemente inferiores (cerca del 10%) que el de los coches. Además, no se mostrará el consumo de las motocicletas gasoil pues este es prácticamente residual comparado con la gasolina (las motos diésel apenas representan un 0.1% del parque móvil total)

A partir de estos consumos y conociendo los kilómetros totales recorridos por los vehículos (turismos y motos) a nivel urbano se hace posible calcular el número de litros consumidos de cada combustible según el año de matriculación de cada vehículo. El reparto de los kilómetros recorridos totales se hará forma proporcional al número de vehículos matriculados en cada año. Aunque este cálculo no es exacto, no se conoce cuantos kilómetros recorre cada vehículo en circulación en función de su edad, por ello, no hay otra manera más fiable de reflejar la evolución decreciente del consumo medio de cada combustible a la hora de calcular el flujo energético. Además, como no se conoce el reparto exacto de los kilómetros recorridos en vehículo privado entre turismo y moto se realizará dicho reparto en función del parque de ambos vehículos.

Tabla 61. Consumos totales anuales en función de la tecnología y el año de matriculación de los turismos y motocicletas del parque móvil existente en España

Desglose km año (mill.)				
	Turismo			Motocicleta
	60.436,3			7.741,7
Tecnología	Gasolina	Gasóleo	Otros	Gasolina
Totales	26.165	34.243	28,70	7.742
Antes 1995	7.116	948	N/A	2.090
1995-2000	4.841	4.817	N/A	542
2001-2006	7.458	13.320	N/A	1.858
2007-2012	4.445	10.660	N/A.	2.400

2013-2015	2.305	4.497	29	852
-----------	-------	-------	----	-----

Desglose I (mill)					
		Turismo			Motocicleta
Tecnología	Totales	Gasolina	Gasoil	Otros	Gasolina
		2.060	1.894	1	303
Antes 1995	0%	605	61	N/A	90
1995-2000	0%	411	310	N/A	23
2001-2006	0%	580	772	N/A	74
2007-2012	0%	316	549	N/A	88
2013-2015	0%	148	203	1	28

Fuente: Elaboración propia a partir de

Conversion Gasoil		Conversion Gasolina	
kg-l	8,32E-01	kg-l	6,80E-01
kg-tep	1,04E-03	kg-tep	1,07E-03
tep-J	4,19E+10	tep-J	4,19E+10

Tabla 62. Consumos energéticos anuales de los modos turismo y motocicleta a nivel interurbano

Combustible	l	kg	tep	J
Gasoil	1,89E+09	1,58E+09	1,64E+06	6,87E+16
Gasolina	2,06E+09	1,40E+09	1,50E+06	6,28E+16
Híbrido	1,01E+06	6,90E+05	7,38E+02	3,09E+13
Total Turismo	3,95E+09	2,98E+09	3,14E+06	1,31E+17
Gasolina	3,03E+02	2,06E+02	2,21E-01	9,24E+09
Total Motocicleta	3,03E+02	2,06E+02	2,21E-01	9,24E+09

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas anteriores

Para calcular las emisiones de CO₂ generadas por los turismos y motocicletas se aplica la metodología detallada al inicio del capítulo.

Tabla 63. Consumos y emisiones del modo de transporte privado urbano de viajeros transporte y moto

Combustible	l	kgCO2
Gasoil	1,89E+09	4,83E+09
Gasolina	2,06E+09	4,53E+09
Híbrido	1,01E+06	2,23E+06
Total Turismo	3,96E+09	9,37E+09
Gasolina	3,03E+02	6,67E+02
Total Motocicleta	3,03E+02	2,06E+02

Fuente: Elaboración propia a partir de tabla 60

Según los cálculos y estimaciones realizados, el modo de transporte privado turismo a nivel urbano consumió un total de 1,31E+17 J en 2015 y emitió un total 9,36E+09 kgCO₂. Las motocicletas consumieron un total de 9,24E+09J en 2015 a nivel urbano y emitieron un total de 2,06E+02 kgCO₂.

6.3. Transporte privado de mercancías a nivel urbano

Para determinar el consumo energético y las emisiones del transporte de mercancías realizado internamente en los municipios y ciudades se ha partido de las toneladas y toneladas-km por tipo de vehículo y servicio de carga que aparecen en la Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera para el año 2015 (Ministerio de Fomento). Nótese que aun habiendo denominado a este transporte de mercancías “urbano”, la realidad es que se trata de un transporte “intramunicipal” por lo que no recogería únicamente las operaciones de transporte realizadas en el núcleo urbano de la ciudad sino aquellas a la zona periférica del municipio.

Tabla 64. Operaciones de transporte, toneladas y toneladas-km por tipo de vehículo y capacidad de carga

Tipo de vehículo y capacidad de carga	Total operaciones	En vacío (% del total)	Toneladas	Tn-km
TOTAL(1)	37.314.113	46	215,320E+06	1.591E+06
Sólo tractor	22.956	100	-	-
de 3,6 - 7 tn	5.869.607	46	9,167E+06	72E+06
de 7,1 - 10 tn	7.054.427	39	19,149E+06	154E+06
de 10,1 - 14 tn	8.219.084	48	38,643E+06	257E+06
de 14,1 - 18 tn	4.404.173	45	25,477E+06	186E+06
de 18,1 - 20 tn	501.592	50	3,487E+06	25E+06
de más de 20 tn	11.242.274	48	119,398E+06	897E+06

De la **tabla 65**, se concluye que transportaron 215,320E+06 toneladas de mercancías a nivel urbano y se hicieron 1.591E+06 toneladas-km.

Considerando la tabla 65, calculamos la carga media transportada en el transporte de mercancías intramunicipal, como media ponderada en función de las toneladas transportadas por cada tipo de vehículo y capacidad de carga.

Tabla 65. Carga media resultante en transporte de mercancías intramunicipal

CARGA MEDIA RESULTANTE EN TRANSPORTE DE MERCANCÍAS INTRAMUNICIPAL			
carga media transportada (t)	Operaciones totales	Toneladas	tn-km
5,30	5.869.607,00	9,167E+06	72,00E+06
8,50	7.054.427,00	19,149E+06	154,00E+06
12,10	8.219.084,00	38,643E+06	257,00E+06
16,10	4.404.173,00	25,477E+06	186,00E+06
19,10	501.592,00	3,487E+06	25,00E+06
22,00	11.242.274,00	119,398E+06	897,00E+06
TOTAL	37.291.157	215,320E+06	1.591E+06
Carga media transportada (t)	17,6		

Redondeando la carga media transportada a 18 toneladas, calculamos el número aproximado de Kilómetros realizados en el año 2015:

Tabla 66. Número de kilómetros realizados en el año 2015

	2015
Tn-km recorridos	1,59E+09
Carga media transportada (t)	18
Total Km recorridos	88,39E+06

Para determinar el consumo energético para un camión de carga de 18 toneladas se ha consultado la Guía para la gestión del combustible en las flotas del transporte por carretera del IDEA, donde aparece un consumo de 23 l/100Km para un camión con esta carga.

Tabla 67. Consumo y emisiones totales

	2015
Total km recorridos	88,39E+06
Consumo medio(l/100km)	23
Consumo total l	20,33E+06

	2015
Emisiones de CO₂ (kg CO₂/l)	2,55
Consumo (l)	20,33E+06
Total kg CO₂	51,72E+06

A partir de los kilómetros realizados al año por el transporte de mercancías intramunicipal se obtienen las magnitudes en cuanto a consumo total.

Tabla 68. Consumo combustible y emisiones del transporte intramunicipal de mercancías

Combustible	l	KgCO ₂	tep	J
Diesel	20,33E+06	16,93E+06	17,53E+03	7,34E+14
TOTAL	20,33E+06	16,93E+06	17,53E+03	7,34E+14

Según los cálculos y estimaciones realizadas, el transporte intramunicipal de mercancías consumió en 2015 un total de 7,34E+14 litros de combustible y emitió 51.72E+06 kilogramos de CO₂.

6.4. Transporte público de viajeros a nivel interurbano: autobús y tren

Para determinar el consumo energético y las emisiones del transporte público de viajeros a nivel interurbano en los modos autobús y tren se han seguido metodologías similares a las presentadas para turismos y metro. Para el modo tren, se ha consultado el parque móvil en funcionamiento de los diferentes servicios (Larga distancia alta velocidad/AVE, larga distancia convencional, media distancia alta velocidad/AVANT y media distancia convencional). Seguidamente se ha usado la herramienta del IDAE y se ha obtenido el consumo energético y las emisiones de para todos aquellos modelos que actualmente están en operación y para los

que la herramienta permite el cálculo. Como no se conoce el desglose de kilómetros por modelo de ferrocarril ni cuál es el parque existente actual en operación para cada uno de los servicios ferroviarios ya que alguno de ellos combinan modelos de mayor antigüedad con otros más recientes, se ha calculado el consumo medio de todos los modelos disponibles para cada servicio. A partir de dicho consumo medio por viajero-kilómetro y los viajeros-kilómetro transportados, se han determinado el consumo energético total del modo transporte ferroviario desglosado en sus diferentes servicios.

6.4.1. Transporte público de viajeros a nivel interurbano: Autobús

En el caso del autobús, se ha calculado el consumo medio de combustible a partir documento de IDAE, “Guía para la Gestión de Combustible en las Flotas de Transporte por Carretera”. Este documento presenta el consumo medio en litros de gasoil (combustible predominante en toda la flota de autobuses interurbanos) de diferentes vehículos en función de sus plazas y potencia. El resumen de dichos consumos se presenta en la **Tabla 69**.

Tabla 69. Consumos y potencias de la flota de autobuses interurbanos.

Vehículo	Plazas	Potencia (CV)	Consumo (l/100 km)
Autobus	55	460	26
Autobus	55	400	24
Autobus	55	320	23
Consumo medio			24

Fuente: Elaboración a partir de datos del IDAE

A partir del consumo medio en litros por kilómetro y los kilómetros totales recorridos se ha calculado los litros totales consumidos por el modo autobús interurbano en el año 2015.

Tabla 70. Consumos energéticos anuales de la flota de autobuses interurbanos.

	2015
Consumo energético (l/km)	2,40E-01
Km recorridos	2,02E+09
Litros consumidos	4,86E+08

Fuente: Elaboración a partir de datos del IDAE

Conversión Diesel	
kg-l	8,32E-01
kg-tep	1,04E-03
tep-J	4,19E+10

Por último, se han realizado las conversiones de unidades oportunas con el fin de homogeneizar los flujos energéticos finales.

Tabla 71. Consumos y emisiones del modo de transporte interurbano de autobús

Combustible	l	kg	tep	J
Diesel	4,86E+08	4,04E+08	4,20E+05	1,76E+16

Total	4,86E+08	4,04E+08	4,20E+05	1,76E+16
-------	----------	----------	----------	----------

Combustible	/	kgCO ₂
Diesel	4,86E+08	1,24E+09
TOTAL	4,86E+08	1,24E+09

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas anteriores

Según los cálculos y estimaciones realizados, el modo autobús interurbano de pasajeros consumió en 2015 un total de 1,76E+16 J y emitió 1,24E+09 kg de CO₂.

6.4.2. Transporte público de viajeros a nivel interurbano: Ferroviario

Para determinar el consumo energético y las emisiones del transporte ferroviario de pasajeros en sus diferentes servicios la herramienta del IDAE permite obtener la eficiencia energética en diferentes unidades. Entre ellas se puede obtener kWh/Km y kWh/viajero-100km. Como para el flujo energético del metro se ha tenido que emplear la segunda unidad de eficiencia energética al no ser posible determinar los kilómetros totales recorridos por este modo, por cuestiones de homogeneidad en caculos también se usara la unidad kWh/viajero-100km para determinar el flujo de los diferentes modos ferroviarios.

Larga distancia convencional y alta velocidad (AVE)

El primer modo ferroviario del que se determinarán los flujo energéticos y medioambientales será el de larga distancia que incluye larga distancia convencional y larga distancia alta velocidad (AVE). Para ello se ha seguido la misma metodología que el modo cercanías y metro. En primer lugar, se ha comprobado los modelos de tren existentes en el parque móvil actual para el servicio de larga distancia alta velocidad. Se han extraído las eficiencias energéticas del IDAE. Para las emisiones de CO₂ se usará la metodología descrita al inicio del capítulo. Nótese que la herramienta del IDAE calcula la eficiencia para los trenes de larga distancia alta velocidad (AVE) y para larga distancia convencional mientras que la demanda no diferencia entre los viajeros-km del servicio de larga distancia convencional y larga distancia alta velocidad. Se hace el supuesto de que la demanda en términos de viajeros-km se reparte de manera equitativa entre ambos servicios. Para el consumo, se calculará el consumo medio de la flota de vehículos de cada servicio y seguidamente se promediarán dichos consumos para obtener la eficiencia energética correspondiente al servicio ferroviario de larga distancia.

La **Tabla 72** muestra la eficiencia energética media en kWh/viajero-100km de los diferentes modelos de tren para el servicio de alta velocidad.

Tabla 72. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren LD alta velocidad (AVE)

Consumo de energía (kWh/viajero · 100km)		LD Alta Velocidad (AVE)			
Resultados	Modelo (100km)	SERIE 100	SERIE 102/112	SERIE 103	Consumo medio
Energía importada en pantógrafo	kWh/viajero	6,00	6,41	6,53	6,31
Emisiones de CO ₂	kgCO ₂ /m ²	1,48	1,45	1,50	1,47

Consumo neto en pantógrafo (E)	kWh/viajero	0,25	0,23	0,26	0,25
Suplemento de CO ₂ , consumos indirectos	kgCO ₂ /m ²	0,06	0,06	0,06	0,06

Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta de cálculo de transporte ferroviario del IDAE

La **tabla 74** muestra la eficiencia energética media en kWh/viajero-100km de los diferentes modelos de tren para el servicio de larga distancia convencional.

Tabla 73. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren LD convencional (ALVIA)

Consumo de energía (kWh/viajero · 100km)		LD Convencional (ALVIA)			
Resultados	Modelo (100km)	SERIE 120	SERIE 130	SERIE 730 (HIBRIDO)	Consumo medio
Energía importada en pantógrafo	kWh/viajero	4,28	4,09	n.d.	4,19
Consumo neto en pantógrafo (E)	kWh/viajero	0,96	0,93	n.d.	0,94
Suplemento de CO ₂ , consumos indirectos	kgCO ₂ /m ²	0,24	0,23	n.d.	0,24

Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta de cálculo de transporte ferroviario del IDAE

A partir de las eficiencias energéticas de la **Tabla 72** y la **Tabla 73** se obtiene un consumo medio de 5,25 kWh/viajero-100km. Aunque en un principio se utilizaría esta eficiencia energética calculada a partir de la herramienta del IDAE para todo el modo de transporte ferroviario de larga distancia se encontró otro dato de eficiencia en el OFE 2016 (Observatorio del Ferrocarril 2016) para transporte ferroviario de pasajeros calculado a partir del consumo medio de todos los servicios. La eficiencia energética del OFE se sitúa en 10,8 kWh/100viajero-km (más del doble que la de IDAE). Se ha decidido pues usar como aproximación una media entre ambos consumos. A partir del producto de la demanda en viajeros-km y la eficiencia media de ambos servicios de larga distancia se han obtenido los flujos energéticos totales del modo ferroviario larga distancia que incluye larga distancia convencional y larga distancia alta velocidad.

Tabla 74. Consumos energéticos y emisiones de trenes larga distancia en 2015

	2015
Consumo energético (kWh / viajero-100km)	0,08025
Viajeros-km	1,40E+10
Consumo energético (kWh)	1,12E+09
tep	9,67E+04
J	4,05E+15
Emisiones (kgCO ₂)	3,26E+08

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas anteriores

Según los cálculos y estimaciones realizados el servicio de larga distancia consumió en el año 2015 un total de 1,12E+10 kWh y sus emisiones alcanzaron los 3,26E+09 kgCO₂.

Media distancia convencional, media distancia alta velocidad AVANT y métrica

La metodología seguida para el cálculo de los flujos energéticos en los modos ferroviarios de media distancia convencional, media distancia alta velocidad AVANT y métrica es la misma que para larga distancia. Sin embargo, en términos de demanda sí que se conoce un desglose exacto del reparto de viajeros-km para cada servicio (convencional/AVANT) y en términos de consumo la herramienta del IDAE no recoge ningún modelo del parque móvil de media distancia convencional. Por tanto, se hace el supuesto de que el consumo de los trenes que ofrecen servicio de media distancia convencional comparte la misma eficiencia energética que el parque móvil AVANT.

La **Tabla 75** muestra la eficiencia energética media en kWh/viajero-100km de los diferentes modelos de tren para el servicio de media distancia alta velocidad (AVANT).

Tabla 75. Eficiencias energéticas diferentes modelos de tren MD alta velocidad (AVANT)

Consumo de energía (kWh/viajero · 100km)		MD Alta Velocidad (AVANT)			
Resultados	Modelo (100km)	S-104	S-114	S-121	Consumo medio
Energía importada en pantógrafo	kWh/viajero	4,70	n.d.	4,98	4,84
Consumo neto en pantógrafo (E)	kWh/viajero	0,60	n.d.	0,60	0,60
Suplemento de CO ₂ , consumos indirectos	kgCO ₂ /m ²	0,15	n.d.	0,15	0,15

Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta de cálculo de transporte ferroviario del IDAE

Nuevamente se realiza la aproximación media de consumo a partir del dato provisto en el OFE 2016 de 10,8 kWh/100viajero-km al resultado extraído de la herramienta de IDAE obteniéndose una eficiencia media de 0,075 kWh/viajero-100km. A partir del producto de la demanda en viajeros-km de ambos servicios de media distancia y la eficiencia del de larga distancia se han obtenido los flujos energéticos totales del modo ferroviario media distancia que incluye media distancia convencional y media distancia alta velocidad.

Tabla 76. Consumos energéticos y emisiones de trenes media distancia en 2015

	2015
Consumo energético (kWh / viajero-100km)	0,0750
Viajeros-km	3,09E+09
kWh	2,32E+08
tep	1,99E+04
J	8,34E+14
Emisiones (kgCO ₂)	6,72E+07

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas anteriores

Según los cálculos y estimaciones realizados el servicio de media distancia consumió en el año 2015 un total 2,38E+08 kWh y emitió 6,72E+07 kgCO₂.

6.5. Transporte privado de viajeros a nivel interurbano: coche y moto

Para el cálculo de consumo energético y emisiones medioambientales del modo transporte privado de viajeros a nivel interurbano en coche y moto se va a seguir la misma metodología que la usada para el transporte privado de viajeros a nivel urbano. Al no conocerse el desglose exacto de kilómetros recorridos según la edad media del vehículo, se hará dicho reparto de kilómetros de forma proporcional al parque móvil actual de turismos y motocicletas. Igual que se hace un reparto por edad media se hará otro reparto según la tecnología del vehículo (gasoil o gasolina) pues no se conoce con exactitud los kilómetros recorridos a nivel interurbano para cada motorización. Para el consumo medio se utilizará la misma metodología que la usada para el transporte urbano pues los vehículos son los mismos cambiando únicamente la titularidad de la vía. Si bien es cierto que existen diferencias entre el consumo por carretera y el consumo a nivel urbano de un vehículo, estas no superan el 15% en los modelos de coches con los que se ha determinado el consumo medio y por tanto se van a obviar para los cálculos correspondientes.

El desglose de kilómetros repartidos de forma proporcional a la flota de vehículos actual se muestra en la **Tabla 77**.

Tabla 77. Desglose de los vehículos en circulación según el año de matriculación

<i>Desglose km año (mill.)</i>				
Tecnología		Gasolina	Gasoil	Otros
Totales	181.171	81.899	107.183	89,84
Antes 1995	13%	10.927	14.301	N/A
1995-2000	16%	13.088	17.129	N/A
2001-2006	34%	28.158	36.850	N/A
2007-2012	25%	20.475	26.796	N/A
2013-2015	11%	9.251	12.106	90

El consumo medio anual es el mismo que se ha empleado para el flujo energético a nivel urbano y se presenta en la **Tabla 78**.

Tabla 78. Consumos medios en función de la tecnología y el año de matriculación

	Año	Gasoil (l/100km)	Gasolina (l/100km)	Híbrido (l/100km)
Consumo Medio Anual	2000	6,4364	8,5000	N/A
	2005	5,7924	7,7833	N/A
	2010	5,1485	7,1030	N/A
	2015	4,5091	6,4091	3,56

A partir de los kilómetros y el consumo medio por año se calculan los litros totales consumidos de gasolina y gasoil como la suma de los consumos en las franjas anuales. Los resultados se muestran en la **tabla 80**:

Tabla 79. Consumos totales consumidos en función de la tecnología y el año de matriculación

<i>Desglose l (mill.)</i>			
Tecnología	Gasolina	Gasoil	Otros

Totales		6.280	5.973	361
Antes 1995	13%	929	920	N/A
1995-2000	16%	1.112	992	N/A
2001-2006	34%	2.192	2.135	N/A
2007-2012	25%	1.454	1.380	47
2013-2015	11%	593	546	314

Conversión Gasoil	
kg-l	8,32E-01
kg-tep	1,04E-03
tep-J	4,19E+10

Conversión Gasolina	
kg-l	6,80E-01
kg-tep	1,07E-03
tep-J	4,19E+10

Finalmente se realiza la conversión de unidades de los litros consumidos. Estos resultados se presentan en la **Tabla 80**.

Tabla 80. Consumos energéticos anuales

Combustible	l	kg	tep	J
Gasoil	5,97E+09	4,97E+09	5,17E+06	2,17E+17
Gasolina	6,28E+09	4,27E+09	4,57E+06	1,91E+17
Híbrido	3,61E+02	2,45E+02	2,63E-01	1,10E+10
Total	1,23E+10	9,24E+09	9,74E+06	4,08E+17

Combustible	l	kgCO₂
Gasoil	5,97E+09	1,52E+10
Gasolina	6,28E+09	1,38E+10
Híbrido	3,61E+02	7,96E+02
Total	1,23E+10	2,90E+10

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas anteriores

Según los cálculos y estimaciones realizados, en el año 2015, el transporte privado de viajeros a nivel interurbano en turismo consumió un total de 12.300 litros de combustible lo que se traduce en un consumo energético aproximado de 408.000 TJ y unas emisiones de 2.90E+10 kgCO₂.

6.6. Transporte interurbano de mercancías: camión y ferrocarril

La metodología seguida para determinar el consumo energético y emisiones del transporte interurbano de mercancías es la misma que la empleada para los viajeros cambiando las unidades de demanda en el modo ferroviario. Para el modo carretera, se ha utilizado los kilómetros realizados por el transporte pesado en el año 2015 determinados en el capítulo 5 a partir de la ocupación media de los vehículos y la demanda en toneladas-km. Seguidamente se ha determinado el consumo en litros por kilómetro para calcular el flujo energético y medioambiental resultante. Para el transporte ferroviario de mercancías no se han empleado kilómetros como unidad de demanda sino toneladas-kilómetro. Este cambio de unidades se ha

hecho necesario pues no se han encontrado consumos energéticos en función de kilómetros. Los caculos de los flujos correspondientes siguen la misma metodología que para el modo camión.

6.6.1. Transporte interurbano de mercancías: camión

Para determinar el consumo energético y las emisiones del transporte de mercancías por carretera realizados en transporte pesado se ha partido de los kilómetros totales recorridos por este modo calculados en el capítulo 4. Para determinar el consumo medio se ha usado el documento procedente del IDAE, “Guía para gestión de combustibles en las flotas de Transporte por Carretera”. En dicho documento se muestran los estándares de referencia del consumo de vehículos pesados mercancías tipo “tráiler” con tecnología gasoil en función de su potencia. Al no conocerse el reparto de kilómetros en función del tonelaje del camión se ha tomado como referencia el provisto en esta misma tabla (40 toneladas).

Tabla 81. Consumos energéticos en función de la carga y potencia

VEHICULO	CARGA (Tn)	POTENCIA (CV)	CONSUMO (l/100 Km)
Trailer	40	530	35
Trailer	40	460	33
Trailer	40	380	32
CONSUMO MEDIO (l/100 Km)			33

A partir del consumo medio en litros de gasoil por kilómetro y los kilómetros totales recorridos por este modo de transporte se calculan los litros totales consumidos en el año 2015. Los resultados se presentan en la

Tabla 82.

Tabla 82. Consumo energético 2015

	2015
Consumo energético (l/km)	0,33
Km recorridos	2,30E+10
<i>l consumidos</i>	7,59E+09

Conversión Gasoil	
kg-l	8,32E-01
kg-tep	1,04E-03
tep-J	4,19E+10

Finalmente aplicando los factores de conversión energéticos con el fin de conseguir homogeneidad en las unidades finales, se calculan las toneladas equivalentes de petróleo y los julios consumidos por este modo de transporte, así como las emisiones totales de CO₂.

Tabla 83. Consumos energéticos anuales

Combustible	l	kg	tep	J
Gasoil	7,59E+09	6,31E+09	6,57E+06	2,75E+17
Total	7,59E+09	6,31E+09	6,57E+06	2,75E+17

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas anteriores

Según los cálculos y estimaciones realizados, el transporte pesado de mercancías por carretera consumió en el año 2015 un total de 2,75E+17 J y generó 1,93E+10 kg de CO₂.

6.6.2. Transporte interurbano de mercancías: ferrocarril

Para el cálculo del flujo energético del transporte de mercancías por ferrocarril se usará como demanda las toneladas neta-kilómetros determinadas en el capítulo 4. Esta demanda de toneladas incluye las absorbidas por Renfe mercancías estatal y por empresas privadas.

Seguidamente se ha determinado la eficiencia energética media del transporte de mercancías (tracción diésel y eléctrica) en términos de kWh/toneladas neta-100km a partir del documento “OFE: Observatorio del Ferrocarril en España 2016”. Dicho documento presenta en la sección “Indicadores y sostenibilidad” el consumo medio de energía en términos de las toneladas-km del transporte ferroviario de mercancías considerando tanto la tracción diésel como la eléctrica.

Como aproximación a la eficiencia energética de los trenes de mercancías se ha supuesto una carga media de 200 toneladas de la que deriva un consumo aproximado de 6,2 kWh/tonelada-100km.

Tabla 84. Consumos energéticos y emisiones en 2015

	2015
Consumo energético (kWh/tonelada neta-km)	0,062
toneladas netas-km	1,08E+10
kWh	6,70E+08
tep	5,76E+04
J	2,41E+15
Emisiones (kgCO ₂)	7,00E+14

Fuente: Elaboración propia a partir de tablas anteriores

Los resultados finales agregados de los flujos energéticos y ambientales por modo de transporte se presentan en las **figuras 46 y 47**

			Gasoil (l)	Gasolina (l)	Electricidad (kWh)	GNC	GLP	
URBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE	1,89E+09	2,06E+09	n.a.	n.a.	n.a.
			MOTO	n.a.	3,03E+08	n.a.	n.a.	n.a.
			BUS URBANO	1,80E+08	n.a.	n.a.	1,06E+08	n.a.
			BUS METROPOLITANO	1,08E+08	2,36E+07	n.a.	n.a.	3,71E+07
			TAXI	n.a.	n.a.	7,11E+08	n.a.	n.a.
			METRO/ML/TRANVÍA	n.a.	n.a.	4,9E+08	n.a.	n.a.
	MERCANCIAS	FERROVIARIO	RENFE CERCANIAS	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			RENFE	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			FGC	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			EUSKOTREN	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			TRANVÍA	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			FURGONETA	20,33E+06	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
INTERURBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE	5,97E+09	6,28E+09	n.a.	n.a.	n.a.
			MOTO	4,86E+08	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			AUTOBÚS	n.a.	n.a.	2,32E+08	n.a.	n.a.
		FERROVIARIO	MD CONV.	n.a.	n.a.	1,12E+09	n.a.	n.a.
			MD AVANT	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			LD CONV./AVE	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	MERCANCIAS	TERRESTRE	CAMIÓN	7,59E+09	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			RENFE MERCANCIAS	n.a.	n.a.	6,70E+08	n.a.	n.a.
		FERROVIARIO	E. PRIVADAS	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
			TOTAL	1,62E+10	8,67E+09	3,22E+09	1,06E+08	3,71E+07

Figura 48 Desglose consumo combustibles y flujos energéticos por modo de transporte

Fuente: Elaboración propia a partir de kilómetro recorridos y consumo medio por modo

			J	tep	kgCO2	
URBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE	1,31E+17	3,14E+06	9,37E+09
			MOTO	9,24E+09	2.21E-01	6,67E+02
			BUS URBANO	7,4E+15	1,8E+05	4,79E+08
			BUS METROPOLITANO			
			TAXI	6,09E+15	1,44E+05	3,89E+08
		METRO/ML/TRANVÍA	2,56E+15	6,12E+04	2,06E+08	
		FERROVIARIO	RENFE CERCANIAS	1,8E+15	4,2E+04	1,4E+08
			RENFE			
			FGC			
			EUSKOTREN			
			TRANVÍA			
	MERCANCIAS	FURGONETA	7,34E+14	1,75E+04	5,17E+07	
INTERURBANO	VIAJEROS	TERRESTRE	COCHE	4,08E+17	9,74E+06	2,90E+10
			MOTO	1,76E+16	4,20E+05	1,24E+09
			AUTOBÚS			
		FERROVIARIO	MD CONV.	8,34E+14	1,99E+04	6,72E+07
			MD AVANT			
	MERCANCIAS	TERRESTRE	LD CONV./AVE	4,05E+15	9,67E+04	3,26E+08
			CAMIÓN	2,75E+17	6,75E+06	1,93E+10
		FERROVIARIO	RENFE MERCANCIAS	2,41E+15	5,76E+04	1,94E+08
			E. PRIVADAS			
		TOTAL	8,57E+17	2,07E+07	6,15E+10	

Figura 49 Desglose consumo combustibles y flujos energéticos por modo de transporte

Fuente: Elaboración propia a partir de consumos energéticos y emisiones medias

6.7. Estimación económica del coste de operación por consumo de combustibles

Para la estimación económica de la energía consumida por el sector transporte en España durante el ejercicio 2015, se ha partido de los datos obtenidos de consumos de combustible en los diferentes tipos y modos de transporte. Seguidamente se ha calculado el coste de operación por consumo de cada uno de los diferentes modos obviando costes de mantenimiento o de inversión.

Para realizar esta estimación, se ha diferenciado entre el transporte urbano y el interurbano, a su vez entre el transporte de viajeros y de mercancías y por modos de transporte tanto por carretera como por ferrocarril.

A los datos de consumo, dependiendo del tipo de energía consumida, bien en litros de combustible, o en kwh, se le ha aplicado el precio de coste obtenido en el caso de los combustibles líquidos, de la página del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (precios de gasolina y gasóleos para el año 2015)

Tabla 85. Precios de gasolina y gasóleos para el año 2015

<u>diciembre-2015</u>			
<u>A. PRECIOS MEDIOS NACIONALES</u>	<u>PVP(cts/l)</u>		
Gasolina eurosúper s/Pb I.O.95	114,25		
Gasóleo automoción	99,49		
<u>B. DIFERENCIAS ENTRE AUTONOMÍAS</u>	<u>Precio medio mínimo</u>	<u>Precio medio máximo</u>	<u>Diferencia</u>
Gasolina eurosúper s/Pb I.O.95	109,47	119,59	10,12
Gasóleo automoción	94,65	103,79	9,14
<u>C. DIFERENCIAS ENTRE PROVINCIAS</u>	<u>Precio medio mínimo</u>	<u>Precio medio máximo</u>	<u>Diferencia</u>
Gasolina eurosúper s/Pb I.O.95	109,47	119,59	10,12
Gasóleo automoción	94,65	103,79	9,14

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

Para el caso de la electricidad, el precio del kWh, para el año 2015, como en el caso anterior, se ha obtenido de la página del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (precio neto de la electricidad para uso industrial en España).

Tabla 86. Precio neto de la electricidad para uso doméstico y uso industrial

Fecha Actualización: 23/03/2020

IV.12. PRECIO NETO DE LA ELECTRICIDAD PARA USO DOMÉSTICO Y USO INDUSTRIAL														
Euros/kWh														
	Uso doméstico (1)							Uso industrial (2)						
	Reino							Reino						
	UE-28	EA-18	Alem.	Esp.	Fran.	Unido	Portugal	UE-28	EA-18	Alem.	Esp.	Fran.	Unido	Portugal
2013	0,138	0,138	0,149	0,177	0,108	0,169	0,123	0,084	0,083	0,078	0,101	0,063	0,105	0,094
2014	0,139	0,138	0,144	0,178	0,111	0,187	0,128	0,081	0,079	0,072	0,098	0,064	0,116	0,089
2015	0,138	0,137	0,143	0,184	0,111	0,178	0,115	0,077	0,075	0,070	0,092	0,066	0,110	0,091
2016	0,131	0,133	0,139	0,176	0,110	0,153	0,123	0,071	0,071	0,067	0,084	0,061	0,091	0,086
2017	0,125	0,128	0,139	0,176	0,111	0,134	0,109	0,069	0,067	0,064	0,083	0,059	0,093	0,077

Fuente: Ministerio de Industria, Energía y Turismo

El resultado en términos económicos arroja un gasto energético en el sector transporte, tanto de viajeros como de mercancías, durante el año 2015 de 26.539,05 Millones de euros.

El coste de la energía consumida en el transporte de viajeros fue de 18.905,92 Millones de euros, que representa un 71.2 % del coste de la energía total consumida.

El coste de la energía consumida en el transporte de mercancías fue de 7.633,13 Millones de euros, que representa un 28,8 % del coste de la energía total consumida.

Haciendo un análisis del coste de la energía consumida en el sector transporte, por modos, observamos que el coste de operación por consumo en carretera, tanto en viajeros como en mercancías, para el año 2015, fue de 26.242,53 Millones de euros; es decir un 98 % del coste total, siendo el coste generado por el ferrocarril de 296,51 Millones de euros; es decir, tan sólo un 2 % del coste total.

La **tabla 87** muestra el desglose de costes por operación de consumo de todos los modos de transporte incluidos en este estudio.

Tabla 87. Valoración económica por costes de operación derivados del consumo por modo del sector transporte en España 2017

VALORACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE REALIZADO EN TRANSPORTE. AÑO 2015															
TIPO DE TRANSPORTE				CONSUMOS					PRECIO (€)					COSTES OPERACIÓN POR CONSUMO (M€)	% S/ TOTAL
				Gasoil (l)	Gasolina(l)	Electricidad (kwh)	GNC(l)	GLP(l)	Gasoil (l)	Gasolina(l)	Electricidad (kwh)	GNC(l)	GLP(l)		
Urbano	Viajeros	Terrestre	Coche	1,40E+01	2,06E+09				0,9949	1,1425				2.353,55 €	9,57%
			Moto		3,03E+08					1,1425				346,18 €	1,41%
			Bus Urbano	1,80E+08			1,06E+08		0,9949		0,85		269,18 €	1,09%	
			Bus Metropolitano												
		Taxi	1,08E+08	2,36E+07			3,71E+07	0,9949	1,1425			0,65	158,89 €	0,65%	
		Ferroviario	Metro/Tranvia			7,11E+08					0,092			65,41 €	0,27%
			Renfe Cercanías			4,90E+08				0,092			45,08 €	0,18%	
			Renfe												
			FGC												
			Euskotren												
		Tranvia													
	Mercancias		Camiones y furgones reparto	2,03E+07					0,9949					20,20 €	0,08%
Interurbano	Viajeros	Terrestre	Coche	5,97E+09	6,28E+09				0,9949	1,1425				13.114,45 €	53,32%
			Moto										483,52 €	1,97%	
			Autobus	4,86E+08					0,9949						
		Ferroviario	MD Convenc.			2,32E+08				0,092			21,34 €	0,09%	
			MD Avant											0,00%	
			Métrica											0,00%	
			LD/AVE			1,12E+09				0,092			103,04 €	0,42%	
	Mercancias	Terrestre	Camión	7,59E+09					0,9949					7.551,29 €	30,70%
		Ferroviario	Renfe Mercancias			6,70E+08				0,092				61,64 €	0,25%
			E Privadas												
CONSUMOS TOTALES				1,44E+10	8,67E+09	3,22E+09	1,06E+08	3,71E+07	TOTAL GASTO (M€)				24.593,78 €	100%	

Fuente: Elaboración propia a partir de flujos energéticos y costes de combustible y electricidad

CAPITULO 7. Conclusiones

7.1 Utilidad global de la información recopilada para el modelo

Una vez conseguido el desglose de los flujos energéticos y medioambientales, se procede a contrastar la robustez de las estimaciones y cálculos realizados mediante la comparación con otras fuentes. Estas fuentes no presentan un desglose tan detallado por modos de transporte de los flujos energéticos en términos de energía final consumida, pero sí diferencian entre el transporte ferroviario y por carretera tanto de pasajeros como de mercancías.

La primera fuente es el Informe anual de 2016 y 2017 del Observatorio del transporte y la logística de España. En este documento se puede encontrar el siguiente desglose de consumo energético final del sector transporte en Tera julios:

Tabla 88. Desglose de consumo energético anual por modo de transporte año 2016

	2010	2011	2012	2013	2014
Ferroviario	12.416	12.964	12.571	12.398	12.811
Aéreo	53.055	50.413	43.056	36.133	36.434
Carretera	784.853	765.445	721.814	696.599	667.479
<i>Carretera - pasajeros</i>	470.601	463.745	442.688	433.835	433.329
<i>Carretera - mercancías</i>	314.252	301.700	279.126	262.764	234.150
Total transporte nacional⁸⁰	850.324	828.822	777.397	745.130	716.725

Nota: no incluye pauta urbana del transporte por carretera

Fuente: informe OTLE 2016

Tabla 89. Desglose de consumo energético anual por modo de transporte año 2017

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ferroviario	15.802	16.309	17.414	16.767	16.284	16.593
Aéreo	47.421	38.829	38.857	32.416	32.169	33.883
Marítimo*	44.535	34.850	36.221	21.257	13.604	18.241
Carretera total	1.212.333	1.165.038	1.106.744	1.071.595	1.086.939	1.123.770
<i>Carretera urbana**</i>	428.364	400.137	384.835	376.650	420.983	475.626
<i>Carretera no urbana</i>	783.969	764.901	721.909	694.945	665.956	648.143
<i>Carretera no urbana- pasajeros</i>	448.368	442.450	422.758	415.470	411.664	425.421
<i>Carretera no urbana - mercancías</i>	335.600	322.451	299.151	279.474	254.292	222.723
Total transporte nacional	1.320.598	1.256.131	1.198.589	1.141.551	1.149.306	1.192.310

** * Los datos de la pauta urbana se estiman como el complemento del resto de pautas, debido a la ausencia de datos agregados a escala nacional de tráfico en ámbitos urbanos

Fuente: informe OTLE 2017

En la figura 50 se presentan los resultados obtenidos agregados de la misma forma que los presentados por el Observatorio del transporte y la logística en España a fin de poder realizar una comparación más detallada.

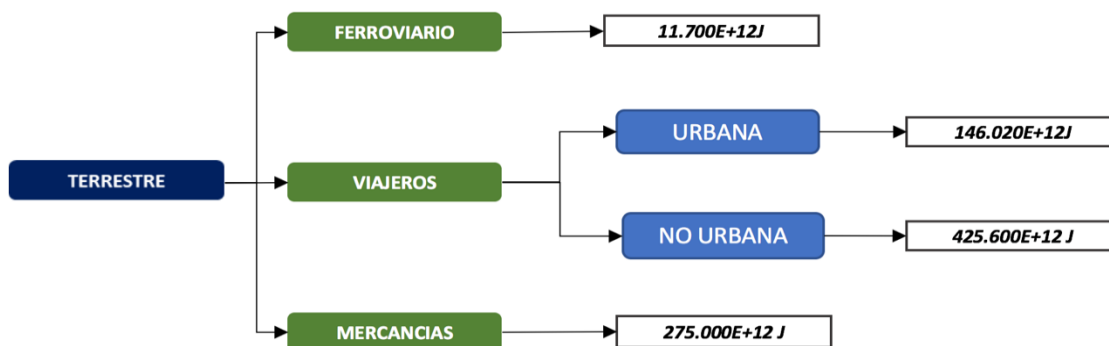


Figura 50 Desglose agregado consume energético obtenido
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, los resultados obtenidos se asemejan más a los presentados por el OTLE en 2016 que en 2017 en órdenes de magnitud. Las variaciones entre las estimaciones realizadas y los resultados presentados por el OTLE en 2016 (año 2014) son las siguientes:

- Transporte ferroviario: 8,2%
- Carretera pasajeros (interurbano): 1,8%
- Carretera mercancías: 17%

Si se tiene en cuenta que estas estimaciones se han realizado agregando los “sub-modos” incluidos dentro de cada modo presentado, se puede decir que los resultados son acertados y que las diferencias entre la metodología aplicada por el OTLE y la seguida en este proyecto podría ser la causa principal de dichas diferencias. La metodología seguida en este proyecto parte de supuestos que pueden ser distintos de los asumidos por el OTLE, lo que ha podido influir en los resultados finales.

En el informe OTLE de 2017 se presenta por primera vez un desglose del consumo energético para el transporte por carretera a nivel urbano e interurbano. Las diferencias entre los resultados obtenidos por el Ministerio de Fomento y los presentados en este proyecto son más notables. Sin embargo, nótese que el Ministerio presenta una nota en la que aclara que no existen datos agregados de pauta urbana a nivel nacional y estos se estiman como complemento al resto de pautas, por lo que su metodología podría diferir de la aplicada en este trabajo y, por la misma razón, las diferencias en resultados no ser concluyentes.

Las diferencias entre las estimaciones realizadas y los resultados presentados por el OTLE en 2017 (año 2015) son las siguientes:

- Transporte ferroviario: 41%
- Carretera pasajeros (interurbano): 1,2%
- Carretera pasajeros (urbano): 30,7%
- Carretera mercancías: 23%

Los consumos de los modos pasajeros interurbano y mercancías interurbano siguen siendo muy similares lo que demuestra la robustez de la metodología seguida. De hecho, el error del transporte interurbano de pasajeros disminuye hasta el 1,2%. Los modos ferroviarios y pasajeros por carretera privado urbanos son los que presentan mayores diferencias. La metodología para el cálculo del consumo energético del transporte ferroviario se actualiza creando mayor distorsión entre los resultados obtenidos en este proyecto y los presentados por el OTLE. Se ha revisado esta metodología y el cambio en el consumo energético final no deriva de un cambio en la medición de la demanda (que coincide con la usada en este trabajo ya que la fuente es la misma) del transporte ferroviario pues ambos informes (2016, 2017) presentan demandas del mismo orden de magnitud. Las diferencias se deberían pues a un cambio en la medición del consumo energético de cada modo ferroviario y dichos datos no se presentan en el informe.

A pesar de estas diferencias y, teniendo en cuenta que los consumos finales obtenidos en este proyecto son la suma de un desglose más detallado de consumos para cada modo, el hecho de llegar a flujos energéticos finales similares a los calculados por otras fuentes que no han tenido en cuenta este desglose en sus metodologías demuestra que los resultados obtenidos tienen sentido.

Finalmente se han contrastado el flujo energético obtenido con las estadísticas energéticas que realiza mensualmente CORES. En concreto se compararán las toneladas de gasoil y gasolina calculadas en este informe con las recogidas por CORES en el año 2015. CORES elabora su información estadística en base a la información mensual y anual que remiten los sujetos obligados sobre los sectores de petróleo y gas natural. Los consumos de productos petrolíferos (gasóleo y gasolina) para automóviles (aviación excluida) que arroja CORES se presentan en la tabla 90 junto con los obtenidos en este informe.

Tabla 90 Consumos de gasoil y gasolina proporcionados por CORES y r en el año 2015

Combustible	CORES		RESULTADOS
	tn	l	l
Gasolina	4.647E+3	6,82E+9	8,67E+9
Gasoil	22.602E+3	27,2E+9	16,2E+9

Fuente: elaboración propia a partir de CORES

Si se comparaban los datos agregados de CORES con los resultados de este trabajo se puede observar que existe coincidencia en los órdenes de magnitud demostrando que la metodología seguida ha sido la apropiada. Sin embargo, los resultados muestran una sobreestimación para la gasolina y viceversa para el gasoil. Cabe recordar que la aproximación para calcular el flujo energético del transporte interurbano privado en coche (la demanda de transporte terrestre de viajeros que mayor consumo energético supone) fue repartir los kilómetros totales entre toda la flota de vehículos y aplicar diferentes consumos en función de su edad. Esta aproximación, lejos de ser la más acertada (no se conocen datos para realizar otra), es la única que permite recoger como la eficiencia del coche privado ha evolucionado en la última década y que la flota de vehículos en España es envejecida. A su vez, el peso de la flota de vehículos de gasolina ha

ido disminuyendo con respecto al diésel y posiblemente esos coches gasolina “más envejecidos” realicen menos kilómetros en la actualidad que los coches diésel más renovados explicando pues la diferencia entre los resultados obtenidos y la estadística de CORES. Otra posible explicación sería una subestimación del transporte privado urbano pues tal y como se ha explicado en los diferentes epígrafes se carece de datos contrastados para todas las áreas metropolitanas de España y se hace necesario realizar aproximaciones.

Para contrastar el flujo medioambiental medido en emisiones totales de CO₂ se han utilizado datos del inventario nacional de emisiones para el año 2015 [MAPA15].

Como se puede observar en la tabla 90, las emisiones totales de CO₂ pertenecientes al sector transporte en España (carretera, ferroviario, aéreo y marítimo) en el año 2015 alcanzaron las 82.463 toneladas. El flujo medioambiental de este análisis una vez agregados todos los modos arroja un total de 61.601 toneladas de CO₂ lo que representa una variación cercana al 25% con respecto a las proporcionadas por el inventario. Esta variación podría deberse a la metodología seguida y supuestos de este estudio. Por ejemplo, uno de los supuestos que podría tener mayor impacto sería el transporte urbano. Ya se ha observado que las diferencias del flujo energético de las que a su vez deriva el medioambiental son notables cuando se comparan los resultados con los del OTLE17. Otro supuesto que ha sido necesario llevar a cabo y podría tener impacto en las emisiones es el obviar cualquier tipo de consumo de combustibles fósiles por parte del transporte ferroviario. La realidad es aún existen trenes que usan gasoil como fuente de energía y de los que derivan ciertas emisiones. Además, para las emisiones de CO₂ imputables a este mismo modo en su versión eléctrica (la única que se ha considerado en este trabajo) se han usado datos medios de las emisiones derivadas de la generación eléctrica.

Tabla 91. Emisiones de CO₂ sector transporte España 2015

FUENTES EMISORAS DE GEI Y SUMIDEROS	CO₂
Total (emisiones netas)	232.461,54
1. Energía	250.842,50
A. Combustión de combustibles (aproximación sectorial)	247.121,72
1. Industrias de la Energía	85.747,84
2. Industrias manufactureras y de la construcción	40.106,41
3. Transport3	82.463,73

Fuente: Inventario de Emisiones GEI para el año 2015

7.2 Limitaciones del trabajo y utilidad para el modelo

Las principales limitaciones que ha afrontado este trabajo ha sido la carencia de datos, tanto en términos de demanda como en cuanto a desglose de la tecnología de algunos modos de transporte. Mientras que los datos sobre eficiencia energética de los diferentes vehículos privados (turismos) cada vez están más actualizados y son más accesibles debido a la conciencia social sobre el impacto medioambiental del transporte, encontrar fuentes fiables de la demanda de movilidad es mucho más complejo. Lo cierto es que conocer los consumos de

cada medio de transporte sin entender los patrones de demanda de los mismos no ayuda a realizar una comparación en términos energéticos de los diferentes modos.

En términos de demanda no existen fuentes actualizadas y contrastadas que presenten datos del transporte urbano privado para todo el territorio nacional. Únicamente existen encuestas realizadas durante diferentes franjas temporales de un total de siete áreas metropolitanas. Además, dichas encuestas no diferencian la demanda entre el núcleo urbano y la corona periférica. El alcance también es limitado, debido a que estos estudios se han realizado en las principales capitales de provincia, cuya superficie y oferta de transporte público difiere notablemente con respecto a capitales de provincia de menor tamaño. Estas diferencias provocan comportamientos de movilidad que no pueden ser extrapolados tan fácilmente al resto de áreas metropolitanas.

Para el transporte urbano público de viajeros sí que se conoce la demanda del modo ferroviario, pero aparecen carencias notables cuando se analiza la demanda del autobús. Nuevamente, los consorcios regionales de transporte público, o bien no participan en el informe realizado por el OMM, o bien proveen datos incompletos, siendo por tanto imposible diferenciar entre el autobús puramente urbano que circula en el núcleo de la ciudad y el autobús metropolitano que comunica el núcleo con la corona periférica. Dejando aparte la demanda, no se conoce exactamente la flota de autobuses en todas las áreas metropolitanas, lo que hace imposible determinar el desglose exacto de tecnologías cuando se quiere evaluar su consumo energético.

Algo semejante ocurre con el transporte urbano de mercancías. En este caso no se conoce la demanda exacta de mercancías por ocupación media de cada vehículo, haciéndose necesario aproximar mediante una ponderación del tonelaje medio por vehículo, tal y como se ha explicado en el capítulo correspondiente.

Para el transporte privado de pasajeros a nivel interurbano, el reparto de kilómetros según la edad media del vehículo posiblemente no refleje perfectamente la realidad de este modo, pero es la única forma de tener en cuenta cómo ha evolucionado la eficiencia energética de los turismos y el impacto sobre el consumo energético final que tiene la envejecida flota de vehículos en España.

7.3 Reflexiones personales

A pesar de las limitaciones de que adolece el trabajo por la falta de datos contrastados para evaluar los flujos energético y medioambientales, este informe podría usarse como referencia para analizar la posible implantación de ciertas políticas energéticas en el país. Se ha partido de supuestos sólidos y racionales para extrapolar todos los datos al territorio nacional y, como hemos visto, los resultados obtenidos resultan coherentes si se comparan con otras fuentes.

Desde mi punto de vista, es innegable que el sector transporte en España necesita de una transición energética. La quema de combustibles fósiles debe limitarse, aunque sea de manera

progresiva, a aquellos sectores e industrias para los que o bien no existe alternativa, o bien ésta es inasumible por su coste actual; ninguna de estas dos circunstancias aparece de manera clara en el sector transporte

Los vehículos eléctricos con pila de litio, cada vez más extendidos, o de hidrógeno, aún en fase de desarrollo, constituyen dos ejemplos del nuevo modelo al que debemos orientar nuestros esfuerzos. Los daños que la contaminación atmosférica provoca en nuestra salud, unidos al gigantesco problema del calentamiento global y sus efectos sobre la vida humana, nos obligan a seguir investigando y avanzando hacia un objetivo muy claro: eliminar la emisión de gases de efecto invernadero de todos los modos de transporte.

Del estudio anterior, se deduce, que el actual modelo de transporte en España, así como su impacto en las emisiones CO₂, está apoyado en la carretera. Según los resultados obtenidos en este informe el 98% de las emisiones totales de CO₂ fueron generadas por el transporte terrestre de pasajeros y mercancías.

La descarbonización del transporte requiere de su electrificación, así como sesgar el transporte de mercancías del modo carretera al modo ferrocarril. Para ello se deberían marcar unos objetivos en el tiempo:

- Electrificación del transporte de pasajeros
- Electrificación del transporte de mercancías, así como un cambio modal a ferrocarril.

El coche particular es el medio de transporte más contaminante. La implementación del coche eléctrico y la reducción de las emisiones de los vehículos de combustión interna deben ser considerada como una acción fundamental para conseguir la descarbonización del transporte de pasajeros. A su vez el transporte colectivo debe participar activamente en el proceso de descarbonización, fomentando la flota de autobuses eléctricos.

Para conseguir un nivel necesario de penetración de la movilidad eléctrica, es necesario que exista una infraestructura de recarga adecuada, tanto en términos de prestaciones (tiempo de recarga) como de disponibilidad (puntos particulares de recarga en garajes, postes de recarga en vía pública, puntos de recarga en centros comerciales, puntos de recarga en flotas de vehículos).

En relación con el transporte de mercancías, para conseguir una descarbonización efectiva y completa, es necesario un cambio de vector energético, pasando de derivados del petróleo a electricidad o gas. Este cambio, requiere actuar sobre tres elementos principales:

- Implantación de camiones eléctricos. Podrían permitir la eliminación del 100 % de las emisiones de CO₂, pero tienen diferente grado de madurez. En España, ya se comercializan vehículos eléctricos para el transporte ligero de mercancías (cargas entre 600 Kg y 1000 Kg), sin embargo, el transporte pesado está todavía en fases iniciales de desarrollo.
- Camión de gas natural. Esta tecnología sólo consigue reducir entre un 10 y un 20 % las emisiones de CO₂, se trataría de una tecnología de transición, mientras el resto de soluciones se desarrollan.

El ancho de vía ibérico, las faltas de infraestructuras ferroviarias unido a la alta competitividad de la carretera han frenado el desarrollo del transporte ferroviario en España.

La reducida cuota del ferrocarril en el transporte de mercancías en España, es fundamentalmente consecuencia de tres barreras:

- El diferente ancho de vía del sistema ferroviario español con respecto al resto de Europa obliga a que las mercancías que se transportan por ferrocarril a través de la frontera francesa cambien de vagón, lo que implica tiempos de espera y sobrecostos importantes.
- Las carencias de infraestructuras ferroviarias adecuadas imposibilitan mejorar la competitividad del ferrocarril de mercancías. Así, existe una carencia de accesos adecuados a puertos marítimos que impide en muchos de ellos un trasvase eficiente de la mercancía desde el barco hasta el ferrocarril, también una inexistencia de suficientes vías en las circunvalaciones de los principales centros urbanos, ausencia de alimentación eléctrica, los gálibos existentes en la gran parte de la red ferroviaria no permiten la circulación de trenes con contenedores, falta de consenso en el desarrollo de dos actuaciones clave para el fomento del transporte de mercancías por ferrocarril: el Corredor Mediterráneo y el Corredor Atlántico. Se han realizado numerosos estudios técnicos y económicos sobre estas infraestructuras sin conseguir alcanzar un consenso técnico ni político para el desarrollo efectivo de estos dos corredores.
- La elevada competitividad del transporte de mercancías por carretera en España. La carretera dispone de una red más capilar que el ferrocarril. En España se dispone de 12 veces más kilómetros de carreteras que de ferrocarril, mientras que por ejemplo en Alemania este ratio es de 6 veces.

En consecuencia, deben establecerse políticas que impulsen el transporte ferroviario de mercancías, como, por ejemplo:

- Completar conexiones a los principales puertos marítimos.
- Desarrollo de centros logísticos, con las conexiones y equipamiento necesarios. Principalmente alrededor de los grandes centros de consumo o zonas industriales.
- Electrificación de vías férreas.
- Implantar el ancho de vía internacional

Por último, para conseguir niveles de penetración del camión ligero eléctrico, sería necesario un sistema de incentivos a la adquisición, restringir progresivamente el tráfico de transporte ligero de mercancías con camiones convencionales en las proximidades o dentro de núcleos urbanos, definiendo un calendario para la retirada de vehículos de transporte ligero convencional, así como establecer incentivos a la instalación de puntos de recarga rápidos.

Paralelamente, será necesario el desarrollo de proyectos de I+D de tecnologías de transporte pesado de mercancías que permitan descarbonizar completamente este modo [DTLL17]

REFERENCIAS

- [HDBC17] “How does Britain compare with the rest of the world when it comes to pollution?” The Telegraph. Recuperado de: <https://www.telegraph.co.uk> 2017.
- [RAPI16] Robert Rapier. “Don’t blame renewable energy for dying U.S coal.” Forbes. Recuperado de <https://www.forbes.com> 2016.
- [SCRUT17] Alistair Scrutton, Glen Peters, Corinne Le Quéré, “Global carbon dioxide emissions set to rise after three stable years. Global Carbon Project”. Recuperado de: <http://www.globalcarbonproject.org>. 2017.
- [OLIV17] Olivier, J.G.J., Schure K.M., Peters J.A.H.W. (2017). “Trends in global CO2 and total greenhouse gas emissions”, report (11-15). The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. 2674. 2017.
- [OLIV16] Olivier J.G.J., Janssens-Maenhout G., Muntean M. and Peters J.A.H.W., “Trends in global CO2 emissions”. Report, The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; Brussels: Joint Research Centre. 2016.
- [ERTE16] “Explaining road transport emissions”. Recuperado de: <https://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions>. EEA. 2016.
- [ERTE16] “Global Transportation Energy Consumption: Examination of Scenarios to 2040 using ITEDD”. Recuperado de: <https://www.eia.gov/analysis/studies/transportation/scenarios/pdf/globaltransportation.pdf>. U.S. Energy Information Administration. 2017.
- [BRIP18] British Petroleum (BP). “BP Energy Outlook”. 2018. Recuperado de: <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>
- [CEOE09] Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE). “Memorándum: El Sector del Transporte en España.” Julio 2009. Recuperado de: http://www.infoanet.com/documentos/Memorandum_sector_transporte.pdf
- [ANFA16] ANFAC. “Informe Anual 2016“. 2016. ANFAC Recuperado de: <http://www.anfac.com/documents/tmp/MemoriaANFAC2016.pdf>
- [DELO17] DELOITTE. España necesitará invertir 385.000 millones de euros para cumplir con los requisitos de reducción de emisiones de CO2. [Comunicado de prensa].

Recuperado de: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/la-descarbonizacion-del-modelo-energetico-nota-de-prensa.html>

- [MAPA18] Ministerio de Agricultura Y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Informe Resumen Edición 1990-2016”. 2018. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumeninventarioge_i_tcm30-444543.pdf
- [MAPA15] Ministerio de Agricultura Y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Sectores difusos. Situación actual y objetivos. Recuperado de: <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx>
- [JIME16] Jiménez, L. “Transporte y movilidad, claves para la sostenibilidad”. Universidad Complutense de Madrid (UCM) y Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). 2016.
- [GISB16] Gisbert, F.J. (2015). “Estimaciones de la población rural y urbana a nivel municipal”. Universidad de Valencia e Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. Vol. 57, pp. 5-28, 2016.
- [BOE90] España. Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres. Boletín Oficial del Estado, de 28 de octubre de 1990, núm. 241.
- [TRAN06] TRANSIT. “Estudio de ingresos y costes para determinar el incremento de tarifas para el año 2006”. Recuperado de: http://81.47.175.201/taximataro/Documentacio/Bons/BCN_Estudi%20costes%20e%20ingresos%20para%20determinar%20el%20incremento%20de%20tarifas%20TAXI%202006.pdf
- [IDAE18] IDAE. Cálculo de consumo energético de los trenes. Recuperado de: <http://www.idae.es/informacion-y-publicaciones/bases-de-datos-y-herramientas>
- [DELO17] Amores, A. Alvarez, L. “Un modelo de transporte descarbonizado para España en 2050”. Deloitte. Marzo 2017. Recuperado de: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/strategy/articles/medidas-descarbonizacion-transporte.html>