

ESTIMACIÓN DE LA DISTANCIA RECORRIDA ANUALMENTE POR EL PARQUE MÓVIL



MINISTERIO
DEL INTERIOR



DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO
EDITA: DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO
C/ Josefa Valcárcel, 44 28027 MADRID

REALIZA: Observatorio Nacional de Seguridad Vial

N.I.P.O.: I28-23-018-7

Fotografía: Dirección General de Tráfico

Catálogo general de publicaciones oficiales: <http://publicacionesoficiales.boe.es/>

CONTENIDO

5 INTRODUCCIÓN

7 1. CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS DE ITV

17 2. MODELO DE IMPUTACIÓN DE KILÓMETROS

Ajuste de los modelos
Validación sobre parque de vehículos
Principales resultados

35 3. CONCLUSIONES

36 ANEXO 1: LISTADO DE VEHÍCULOS POR CADA CATEGORÍA DE VEHÍCULO

Ciclomotores
Motocicletas
Turismos
Furgonetas
Camiones de hasta 3.500 kg. de MMA
Camiones de más de 3.500 kg. de MMA
Autobuses
Tractores Industriales

39 ANEXO 2: RESULTADOS DE LAS PREDICCIONES DE LOS MODELOS

45 ANEXO 3: PARQUE CIRCULANTE

47 LISTA DE TABLAS

48 LISTA DE FIGURAS

49 BIBLIOGRAFÍA



INTRODUCCIÓN

Disponer de una estimación de los kilómetros recorridos por el parque móvil permite analizar la movilidad y su exposición al riesgo. Desde 2013, la Dirección General de Tráfico dispone de las lecturas de los kilómetros recorridos en cada Inspección Técnica de Vehículos (ITV) para cada vehículo del parque móvil. Utilizar estas medidas directamente presenta una serie de inconvenientes: por una parte, de los vehículos nuevos aún no se tendría registro de kilometraje; por otra parte, no todos los vehículos pasan una ITV todos los años (por ejemplo, los turismos), o la pasan más de una vez por año (por ejemplo, los autobuses). Esto hace que no podamos tener la información de kilómetros ni actualizada ni completa.

En la literatura, la estimación de kilómetros recorridos se ha intentado hacer de varias maneras. En (Hossain & Gargett, 2011) se estiman los kilómetros trimestrales recorridos en cada región de Australia utilizando los datos de venta de combustible. En (Sungwoon, et al., 2017) estiman los kilómetros recorridos en una ciudad utilizando el volumen de tráfico y los vehículos registrados. En el caso de España, en (Narváez-Villa, et al., 2021) se ha utilizado la lectura de los odómetros en las ITV para estimar con varios modelos de machine learning los kilómetros recorridos anualizados de los turismos en España.

En este trabajo utilizamos modelos predictivos a través de la lectura de los odómetros para estimar los kilómetros recorridos anualizados del parque móvil español.

1

CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS DE ITV

Se construye una base de datos a partir de la lectura del odómetro de cada ITV. Los criterios de exclusión son los siguientes:

- Todas las ITV que no sean periódicas o su resultado no sea favorable (excluimos, por tanto, ITV de homologación, no favorables, etc.) (RD 920/2017, de 23 de octubre).
- Vehículos cuya secuencia de lecturas no sea ascendente (se excluyen vehículos con errores de registro del odómetro, así como vehículos a los que se les ha reiniciado el mismo)¹.
- Remolques (vehículos de la categoría O) (RD 2822/1998, de 23 de diciembre). Por tanto, solo se incluyen vehículos a motor.
- Vehículos de uso agrícola.
- Vehículos especiales, vehículos de transporte temporal, vehículos con matrícula turística y con matrícula reservada.

Para cada lectura de cada vehículo se calcula la diferencia en días entre esa ITV y la favorable inmediatamente anterior. Se hace lo mismo para las lecturas de kilómetros. Con ello se puede calcular el indicador de kilómetros anualizados para cada vehículo e inspección. Sean:

- DIF_DIAS la diferencia en días entre dos inspecciones favorables consecutivas.
- DIF_KM la diferencia en kilómetros entre dos inspecciones favorables consecutivas.

Entonces, los kilómetros anualizados KM_ITV para cada vehículo entre dos ITV consecutivas se calculan como:

$$KM_{ITV} = \frac{DIF_{KM}}{DIF_{DIAS}} \cdot 365,25.$$

¹ Entre el año 2014 y el 4 de junio de 2023, el 9,19% de los vehículos no tienen secuencia ascendente, ya sea por errores de registro o por reiniciarse el odómetro.

A continuación, los vehículos se agrupan en 8 categorías excluyentes (anexo I). Además, se excluyen las inspecciones cuyo intervalo entre inspecciones, DIF_DIAS, esté fuera de un intervalo prefijado por categoría. Las 8 categorías y sus intervalos se muestran en la Tabla I.

Tabla I: Intervalos de inclusión para cada categoría de vehículo.

Categoría de Vehículo	Intervalo mínimo (días)	Intervalo máximo (días)
Ciclomotores	60	1095 (3 años)
Motocicletas	60	1460 (4 años)
Turismos	60	1460 (4 años)
Furgonetas	60	730 (2 años)
Camiones hasta 3500kg de MMA	60	730 (2 años)
Camiones desde 3500kg de MMA	60	365 (1 año)
Autobuses	60	365 (1 año)
Tractores Industriales	60	730 (2 años)

Los intervalos máximos son los intervalos legales máximos en los que el vehículo de cada categoría puede acudir a una inspección técnica. Por ejemplo, los 1460 días de los turismos corresponden a los primeros 4 años exentos de ITV. Por el contrario, los 60 días del intervalo mínimo corresponden al máximo periodo legal de subsanación de desperfectos en el vehículo. Las ITV con periodos menores indicarían que la inmediatamente anterior no fue una ITV favorable.

En la tabla 2 se muestra la distribución de ITV por tipo de vehículo después de filtrar por intervalo entre inspecciones. Se puede ver como en las colas de las distribuciones, sobre todo en la cola superior, hay valores atípicos.

Tabla 2: Kilómetros anualizados por categoría de vehículo, para ITV entre 2014 y 20232, todas las ITV.

	Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones (<=3500Kg MMA)	Camiones (>3500Kg MMA)	Autobuses	Tractores Industriales
N	748.208	4.911.081	101.753.012	11.206.955	14.472.724	1.420.303	369.949	1.121.310
Media	2.245	2.774	11.045	13.682	13.168	26.765	49.276	99.536
SD	10.678	8.801	20.084	29.374	35.000	80.058	107.573	106.418
CV	4,76	3,17	1,82	2,15	2,66	2,99	2,18	1,07
Mínimo	0	0	0	0	1	1	1	1
PI	2	25	374	274	415	199	374	849
P5	43	147	1.459	1.153	1.661	1.278	5.189	7.157
PI0	130	300	2.484	2.101	2.822	2.639	10.713	16.831
Q1	473	799	5.008	4.734	5.635	7.139	22.676	49.823
Mediana	1.322	1.861	9.038	9.588	10.243	17.375	41.589	101.260
Q3	2.812	3.599	14.345	17.371	16.853	34.891	63.675	138.543
P90	4.845	5.986	20.538	28.471	25.324	56.888	90.297	163.470
P95	6.561	7.968	25.360	37.840	32.182	74.768	111.443	183.632
P99	12.452	13.729	41.978	65.517	50.968	131.440	172.796	246.984
Máximo	5.435.267	8.566.315	19.842.548	12.349.392	16.536.995	17.093.840	20.557.060	16.757.666

En la tabla 3 se establecen las cotas mínimas y máximas para eliminación de los valores atípicos. Los intervalos se establecen a priori teniendo en cuenta que deben de ser lo más amplios posibles para incluir a todos los vehículos relevantes, pero que a su vez elimine el máximo de datos erróneos.

Tabla 3: Intervalos de inclusión, en kilómetros, para cada categoría de vehículo.

Categoría de Vehículo	Cota inferior (KM)	Cota superior (KM)
Ciclomotores	50	30.000
Motocicletas	50	70.000
Turismos	1000	200.000
Furgonetas	1000	300.000
Camiones hasta 3500kg de MMA	1000	300.000
Camiones desde 3500kg de MMA	1000	300.000
Autobuses	1000	300.000
Tractores Industriales	1000	300.000

Un análisis de sensibilidad nos permite ver la robustez de los valores elegidos. En la tabla 4 se muestra el rango de valores para los que se han analizado los escenarios del análisis

de sensibilidad. Esto es, por ejemplo, el intervalo [20, 100] de ciclomotores indica que se han analizado escenarios donde se eliminan ITV cuyos kilómetros anualizados, KM_ITV, estén por debajo de 20km, 30km, ..., hasta 100km. Se analizan todas las combinaciones de escenarios entre cotas inferiores y superiores. También se muestra la media en KM sin filtrar ninguna ITV, los kilómetros medios anualizados en el escenario más y menos restrictivo, el rango y el % de variación sobre la media sin depurar.

Tabla 4: Análisis de sensibilidad del filtro de kilómetros anualizados.

Categoría de Vehículo	Valor Mínimo (KM)	Valor Máximo (KM)	Media sin depurar (KM)	Valor Mínimo (KM)	Valor Máximo (KM)	Rango	% Sobre Media
Ciclomotores	[20, 100]	[20.000, 50.000]	2.245	2.095	2.300	205	9,12%
Motocicletas	[20, 100]	[20.000, 100.000]	2.774	2.648	2.808	160	5,77%
Turismos	[900, 1100]	[150.000, 250.000]	11.045	11.116	11.251	135	1,22%
Furgonetas	[900, 1100]	[250.000, 350.000]	13.682	12.970	13.158	188	1,38%
Camiones hasta 3500kg de MMA	[900, 1100]	[250.000, 350.000]	13.168	13.099	13.225	126	0,96%
Camiones desde 3500kg de MMA	[900, 1100]	[250.000, 350.000]	26.765	26.028	26.325	297	1,11%
Autobuses	[900, 1100]	[250.000, 350.000]	49.276	47.708	48.369	660	1,34%
Tractores Industriales	[900, 1100]	[250.000, 350.000]	99.536	96.378	97.677	1.299	1,31%

10

Vemos que, salvo en ciclomotores y motocicletas, el % de variación está en torno al 1% en todos los escenarios, con lo cual prácticamente no hay variación entre escenarios. En el caso de ciclomotores y motocicletas, el rango absoluto varía en torno a los 200km entre el escenario más y menos restrictivo, con lo que también podríamos concluir con la robustez de los límites. La variación es debida a la propia dispersión de los datos: el CV para ciclomotores es de 4,76 y el de las motocicletas 3,17.

En la tabla 5 se muestra la distribución de los kilómetros anualizados después de eliminar los datos atípicos. Se puede observar la influencia que tenían sobre la variabilidad.

Tabla 5: Kilómetros anualizados por categoría de vehículo, para ITV entre 2014 y 2023, datos depurados.

	Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones (<=3500Kg MMA)	Camiones (>3500Kg MMA)	Autobuses	Tractores Industriales
N	705.575	4.818.979	98.555.498	9.568.337	14.081.573	1.361.853	363.042	1.104.048
Media	2.185	2.751	11.188	13.066	13.161	26.187	48.110	97.324
SD	2.481	3.020	9.192	13.544	11.405	26.043	34.238	55.378
CV	1,14	1,10	0,82	1,04	0,87	0,99	0,71	0,57
Mínimo	50	50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PI	65	80	1.243	1.178	1.290	1.257	2.129	2.422
P5	134	200	2.088	1.856	2.277	2.298	7.091	9.005
PI0	229	351	2.995	2.655	3.313	3.631	12.065	18.889
Q1	586	849	5.375	4.984	5.985	8.135	23.555	51.349
Mediana	1.437	1.907	9.307	9.403	10.515	18.378	42.134	101.867
Q3	2.920	3.643	14.560	16.572	17.090	35.767	63.928	138.483
P90	4.927	6.027	20.733	26.951	25.551	57.523	90.173	162.764
P95	6.597	8.003	25.551	35.911	32.388	75.075	110.663	181.317
P99	11.723	13.647	42.011	62.490	50.842	127.949	163.171	232.775
Máximo	29.998	69.917	199.998	299.979	299.927	299.916	299.948	299.981

En la tabla 6 se muestran los kilómetros anualizados por año de inspección. Se puede observar el efecto de la pandemia en varias categorías de vehículos.

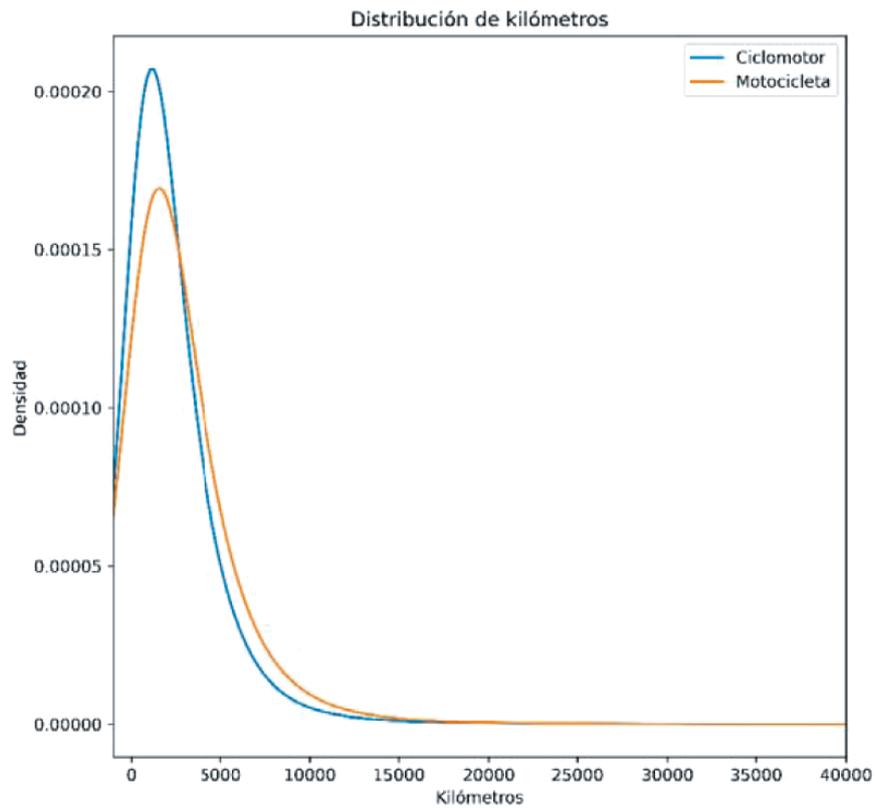
Tabla 6: Kilómetros recorridos anualizados, por categoría de vehículo y año de inspección.

	Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones (<=3500Kg MMA)	Camiones (>3500Kg MMA)	Autobuses	Tractores Industriales
2014	2.622	3.370	11.624	12.651	13.938	25.233	47.483	94.128
2015	2.396	3.079	11.653	12.781	13.910	25.228	48.108	96.162
2016	2.289	2.926	11.800	12.978	13.933	25.082	49.510	96.594
2017	2.234	2.856	11.818	13.187	13.865	26.251	51.030	98.207
2018	2.162	2.820	11.719	13.387	13.625	27.076	51.668	98.274
2019	2.124	2.750	11.563	13.496	13.325	27.132	51.841	98.488
2020	2.092	2.659	10.248	12.047	11.667	24.665	40.790	96.491
2021	2.008	2.433	9.741	12.581	12.037	27.120	41.115	98.484
2022	2.099	2.566	10.896	13.712	12.505	26.441	48.677	97.998
2023 ²	2.224	2.788	11.204	13.953	12.590	27.060	50.446	94.846

² Hasta el 4 de julio de 2023.

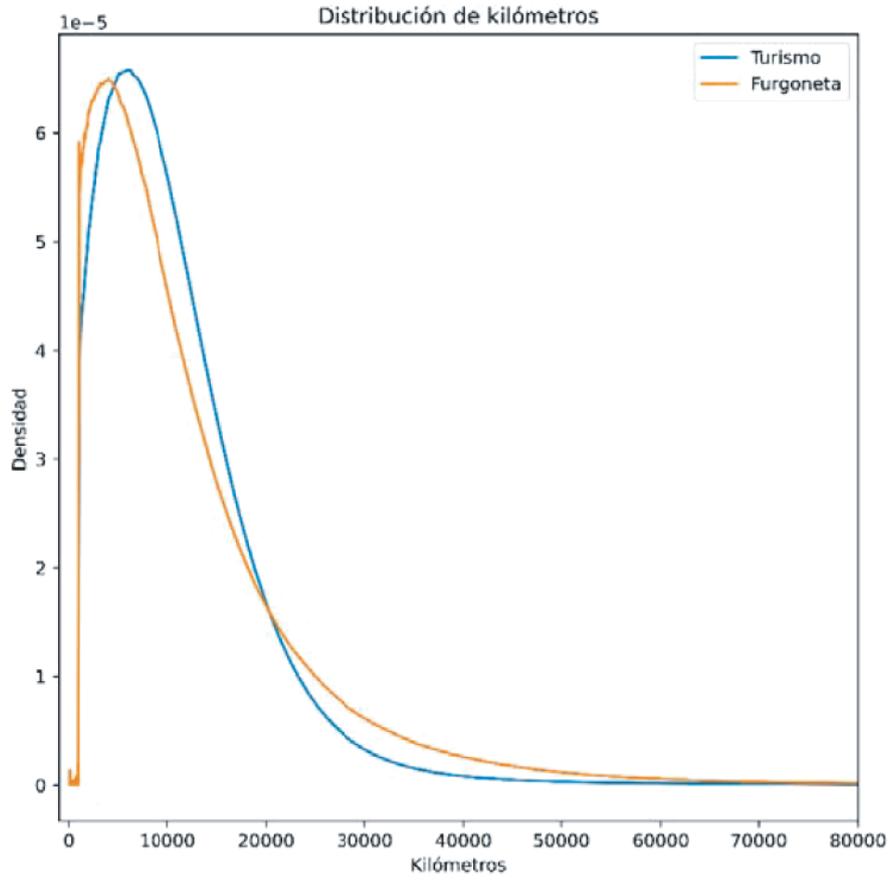
Se muestra a continuación la estimación tipo núcleo de la distribución de kilómetros para cada categoría de vehículo. Se observa una gran asimetría positiva y una cola muy pronunciada, salvo en la distribución de los tractores industriales.

Figura I: Estimación no paramétrica de la densidad ³ de kilómetros anualizados para ciclomotores y motocicletas.



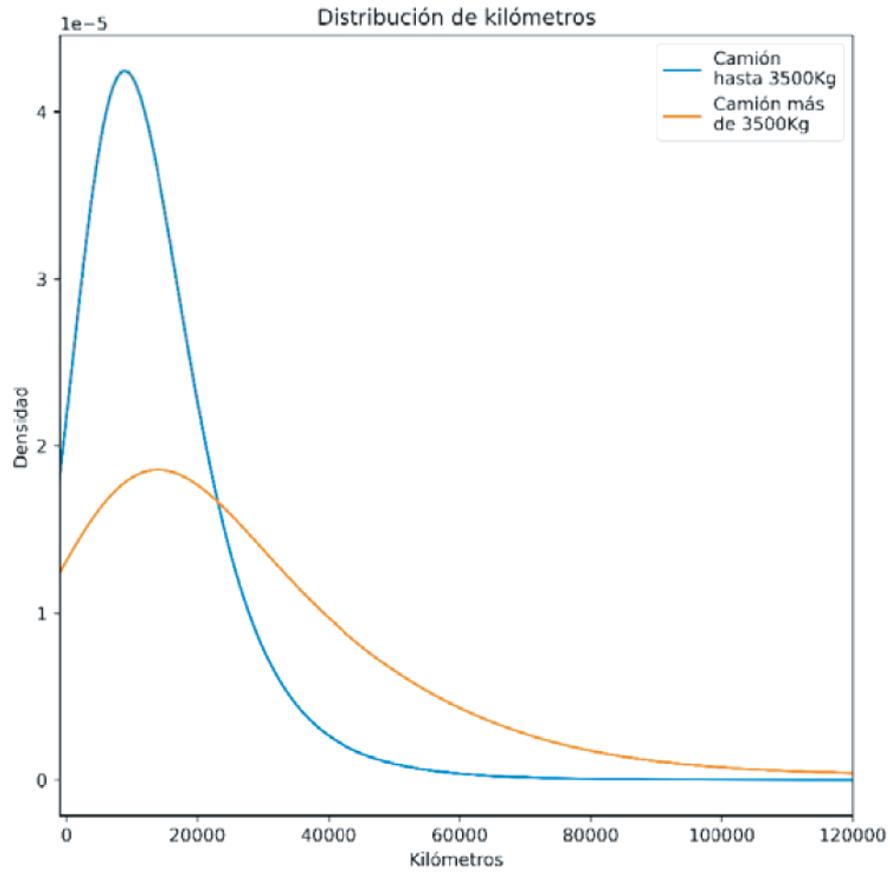
³ Núcleo Gaussiano, ancho de banda 0,5.

Figura 2: Estimación no paramétrica de la densidad ⁴ de kilómetros anualizados para turismos y furgonetas.



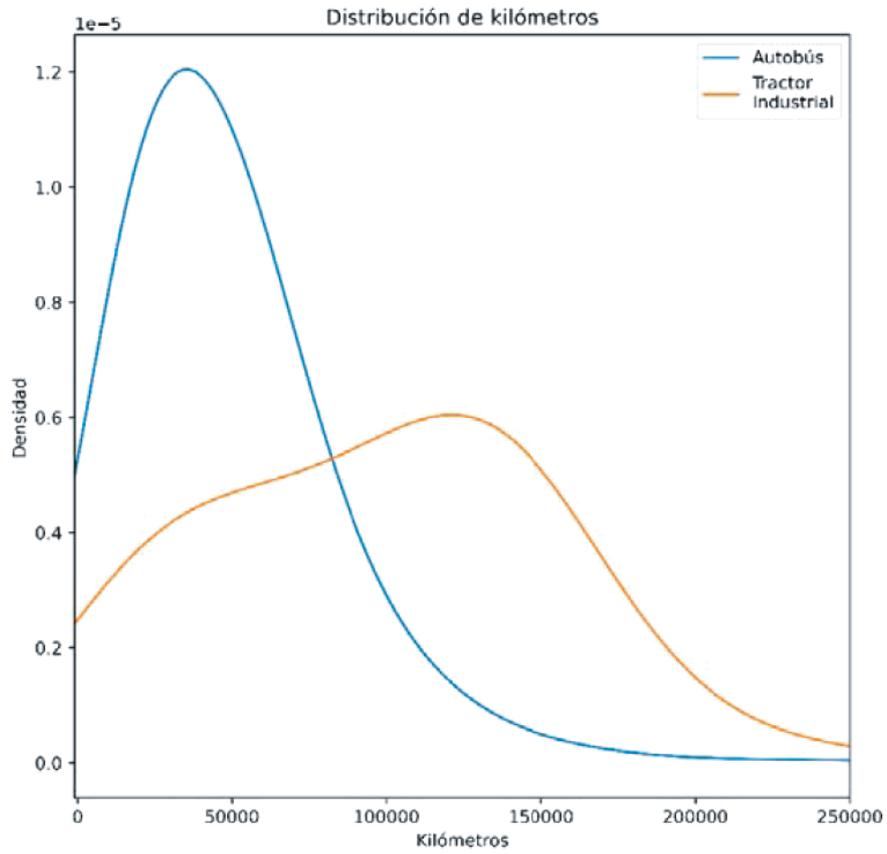
⁴ Estimación utilizando la librería fastKDE (O'Brien, et al., 2016).

Figura 3: Estimación no paramétrica de la densidad ³ de kilómetros anualizados para camiones.



³ Núcleo Gaussiano, ancho de banda 0,5.

Figura 4: Estimación no paramétrica de la densidad ³ de kilómetros anualizados para autobuses y tractores industriales.



³ Núcleo Gaussiano, ancho de banda 0,5.

2

MODELO DE IMPUTACIÓN DE KILÓMETROS

Ajuste de los modelos

Se ajustarán modelos tipo Gradient Boosting Decision Trees (GBDT) (Friedman, 2001) sobre la base de datos de ITV para luego poder extrapolar sobre todo el parque. Estos modelos se han utilizado en otras disciplinas por su precisión y fácil implementación. También, en (Narváez-Villa, et al., 2021), se ha demostrado que pueden ser de aplicación en la estimación de kilómetros. La implementación de estos modelos es exactamente LightGBM (Ke, et al., 2017). Con estos modelos buscaremos la mejor predicción de los kilómetros anualizados para cada vehículo del parque.

Se han considerado las siguientes variables como predictoras de los kilómetros anualizados:

- Antigüedad: Antigüedad del vehículo en años.
- Edad propietario: Edad del titular del vehículo, en años, si el titular del vehículo es una persona física.
- Sexo propietario: Sexo del titular del vehículo, si el titular del vehículo es una persona física.
- Núm. Titulares: Número de titulares que ha tenido el vehículo hasta el momento de la inspección, incluido el titular actual.
- Núm. Plazas: Número de plazas de un vehículo. Para un vehículo de carga, indicará el número de plazas máximo permitido cuando el vehículo está habilitado para carga de mercancías (ej: asientos posteriores abatidos).
- Núm. Plazas de Pie: Número de plazas de pie (solo para el caso de autobuses en que este dato aparezca consignado en la tarjeta de ITV).
- Potencia: Caballos de vapor fiscales del vehículo.
- Tara: Tara del vehículo, en kilogramos.
- MMA: Masa máxima autorizada del vehículo, en kilogramos.
- Provincia: Provincia donde está domiciliado el vehículo.
- Propulsión: Tipo de propulsión del vehículo (gasolina, diésel, eléctrico, GLP, GNC, hidrógeno, etc.).
- Categ. Eléctrica: Si el vehículo es eléctrico, indica el tipo de propulsión eléctrica del mismo (eléctrico de rango extendido, híbrido, híbrido enchufable o eléctrico a baterías).

- Servicio: Tipo de servicio que desempeña el vehículo (particular, público, taxi, autobús escolar, etc.).

Se han considerado las siguientes variables como predictoras de los kilómetros anualizados:

Tabla 7: Variables utilizadas en el ajuste de los modelos.

	Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones (<=3500Kg MMA)	Camiones (>3500Kg MMA)	Autobuses	Tractores Industriales
Antigüedad	X	X	X	X	X	X	X	X
Edad Propietario	X	X	X	X	X	X	X	X
Sexo Propietario	X	X	X	X	X	X	X	X
Núm. Titulares	X	X	X	X	X	X	X	X
Núm. Plazas	X	X	X	X	X	X	X	X
Núm. Plazas de Pie							X	
Potencia		X	X	X	X	X	X	X
Tara ⁵	X	X	X	X	X	X	X	X
Cilindrada ⁵		X	X	X	X	X	X	X
MMA ⁵				X	X	X	X	X
Provincia	X	X	X	X	X	X	X	X
Propulsión	X	X	X	X	X	X	X	X
Categ. Eléctrica	X	X	X	X	X		X	
Servicio	X	X	X	X	X	X	X	X

18

Para el ajuste de los modelos se separan las ITV en tres conjuntos: ajuste, para el ajuste del modelo a los datos de ITV; validación, para la selección del mejor modelo entre los posibles parámetros; y el conjunto de test, para calcular la capacidad de predicción final del modelo. Debido a que por cada vehículo puede haber más de una ITV, si separamos de forma aleatoria en los tres conjuntos, podría aparecer un mismo vehículo en varios conjuntos. Esto podría hacer que la métrica que utilizaremos para medir la capacidad de predicción se sobreestime. Este problema se conoce como Data Leakage en inglés. Para solucionarlo, se particiona teniendo en cuenta la matrícula del vehículo⁶, asegurándose de que un vehículo está en uno y sólo en uno de los conjuntos.

Para ajustar los modelos se eliminan los años 2020 y 2021 por constituir años anómalos debido a la pandemia. Además, para alguna categoría de vehículo, la serie no es homogénea (hay bastante variación en los kilómetros anualizados entre años). Para ajustar los modelos a una serie de datos lo más homogénea posible (ver tabla 6), se eliminan las ITV de algunos años. En el caso de los turismos, la serie de kilómetros no varía entre años. Por contra, la serie dispone de una cantidad suficiente de ITV (10 millones por año), que permite utilizar solamente los años más recientes sin perder capacidad predictiva. De hecho, se comprobó que no hubo aumento de la capacidad predictiva al incluir más años en turismos. En la tabla 8 se muestran los años utilizados para ajustar y validar cada modelo.

⁵ Estas variables presentan colinealidad (correlación entre 0,26 y 0,89 dependiendo de categoría de vehículo y par de variables). Sin embargo, los modelos GBDT permiten hacer una selección de variables sin que les afecte la colinealidad, ver (Hastie, et al., 2009).

⁶ Las proporciones de matrículas distintas en cada conjunto son: 80% en ajuste, 10% en validación y 10% en test.

Tabla 8: Años utilizados para el ajuste de vehículos.

Categoría de Vehículo	Años de ajuste
Ciclomotores	2014-2019, 2022, 2023
Motocicletas	2014-2019, 2022, 2023
Turismos	2017, 2018, 2019, 2022, 2023
Furgonetas	2014-2019, 2022, 2023
Camiones hasta 3500kg de MMA	2014-2019, 2022, 2023
Camiones desde 3500kg de MMA	2018, 2019, 2022, 2023
Autobuses	2017, 2018, 2019, 2023
Tractores Industriales	2015-2019, 2022

Para cada tipo de vehículo se ajusta una regresión gamma⁷. En el modelo de turismos, se añade la restricción de que los kilómetros anualizados decrezcan con la edad del vehículo. El resto de parámetros del modelo (learningrate, regularizaciones, etc.) se ajustan para encontrar la mejor predicción.

Se muestran en la tabla 9 las medidas de la capacidad de predicción de los modelos. Se muestra la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE), la deviance para una distribución Gamma (Gamma Deviance), el R2 de predicción y la deviance explicada (D2). Los modelos explican entre un 19% y un 45% en términos de D2, debido a variabilidad de los kilómetros anualizados para cada vehículo. Estos resultados nos permiten utilizar los modelos para dar predicciones agregadas, pero no de forma puntual.

Tabla 9: Medidas de la capacidad predictiva de los modelos.

	Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones (<=3500Kg MMA)	Camiones (>3500Kg MMA)	Autobuses	Tractores Industriales
RMSE	2.319	2.764	7.664	11.220	10.627	19.950	24.453	37.032
MAE	1.440	1.718	5.135	6.581	6.702	13.755	16.906	27.948
Gamma Deviance	0,9172	0,7910	0,3883	0,4727	0,4594	0,6174	0,3026	0,3128
R2	0,1591	0,2085	0,3033	0,3286	0,1652	0,4298	0,5399	0,5544
D2	0,1915	0,2246	0,2554	0,3712	0,2049	0,3390	0,4197	0,4625

En la tabla 10 se muestran los kilómetros recorridos estimados por el parque móvil circulante del año 2022.

⁷ A pesar de que los kilómetros anualizados no sigan estrictamente distribuciones gamma (p-valor < 2,2•10⁻¹⁶ para todas las categorías de vehículos) (Villaseñor & González-Estrada, 2015), se utiliza la distribución gamma por ser la mejor opción disponible en LightGBM para modelizar distribuciones de valores positivos con asimetría positiva.

Tabla 10. Kilómetros recorridos por el parque circulante⁸ del año 2022. Los valores son por cada 10 millones de kilómetros.

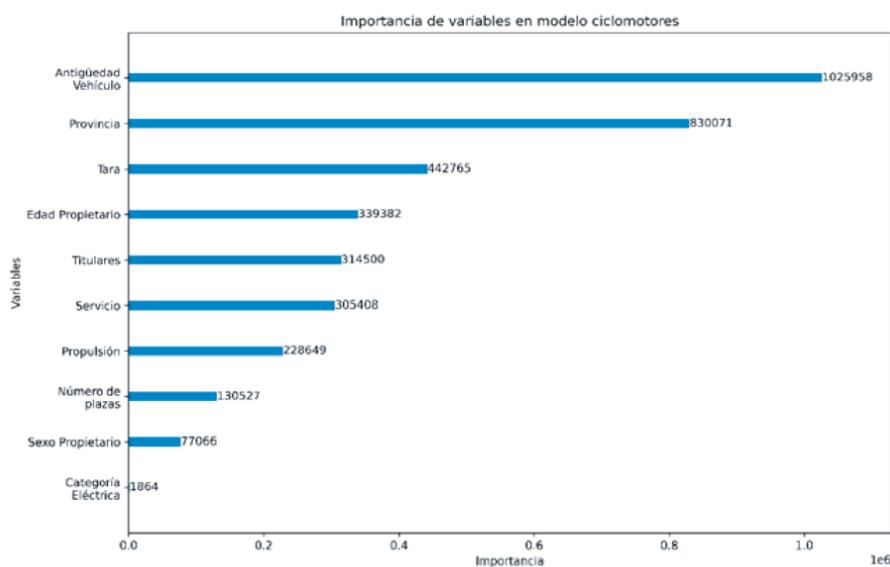
	Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones (<=3500Kg MMA)	Camiones (>3500Kg MMA)	Autobuses	Tractores Industriales
VEH-KM ($\cdot 10^7$)	188,2	992,9	30.294,9	3.584,2	2.664,5	686,8	268,1	1.965,3

A continuación, se muestran gráficos de la importancia de cada variable en la predicción de los kilómetros anualizados. El cálculo de la importancia se calcula sumando las ganancias⁹ en cada separación donde se utiliza cada variable.

Como norma general, la variable más importante en la predicción de los kilómetros anualizados es la antigüedad del vehículo.

Tanto en ciclomotores (Figura 5) como en motocicletas (Figura 6), se observa que la provincia, la tara¹⁰ y la edad del propietario son las que más influyen en la predicción. La cilindrada en motocicletas también juega un papel muy importante en la predicción.

Figura 5: Importancia de las variables para el modelo de ciclomotores.

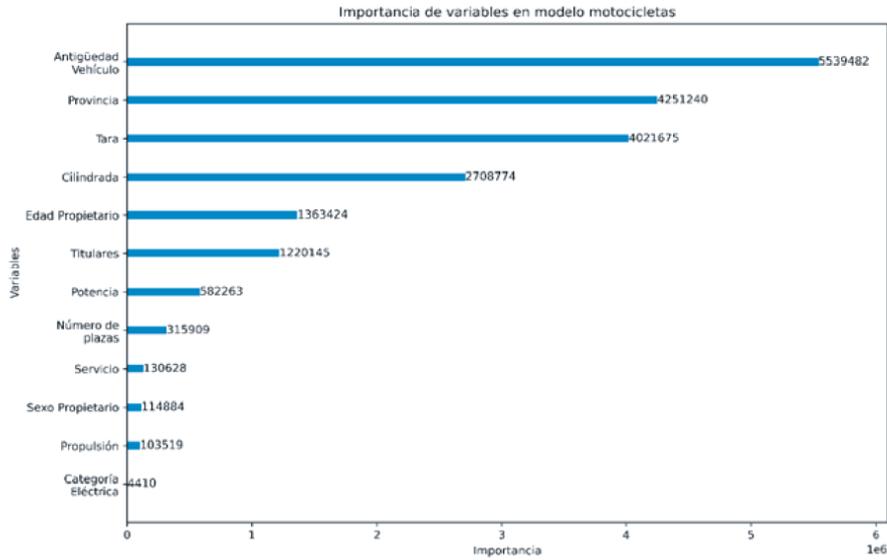


⁸ Para ver la definición y motivación de parque circulante, ver anexo 3.

⁹ Reducción de la función objetivo al añadir un punto de separación.

¹⁰ En las categorías de ciclomotores y motocicletas (ver anexo 1) se incluyen las categorías de cuatriciclo ligero L6e (tara media 299 Kg y kilómetros medios 3.564 km) y cuatriciclo pesado L7e (tara media 314 kg y 1.547 km). El resto de ciclomotores tienen una tara media de 87 kg y hacen 2063 km; el resto de motocicletas tienen una tara media de 185 kg y hacen una media de 2834 km.

Figura 6: Importancia de las variables para el modelo de motocicletas.



En cuanto a los turismos (Figura 7), las variables que más ayudan a predecir los kilómetros anualizados son el tipo de propulsión del vehículo, la edad del propietario y el servicio para el que se utiliza. En furgonetas (Figura 8) casi todo lo marca la propia antigüedad.

Figura 7: Importancia de las variables para el modelo de turismos.

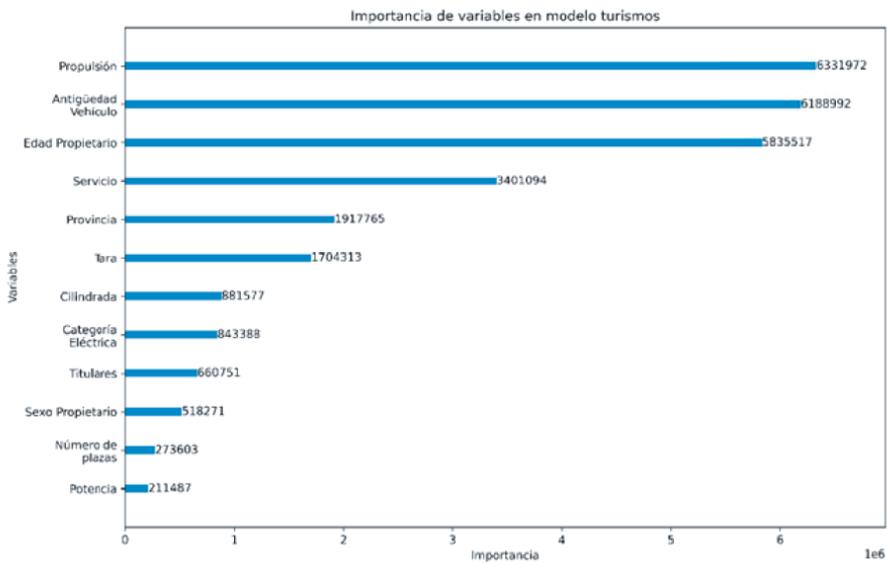
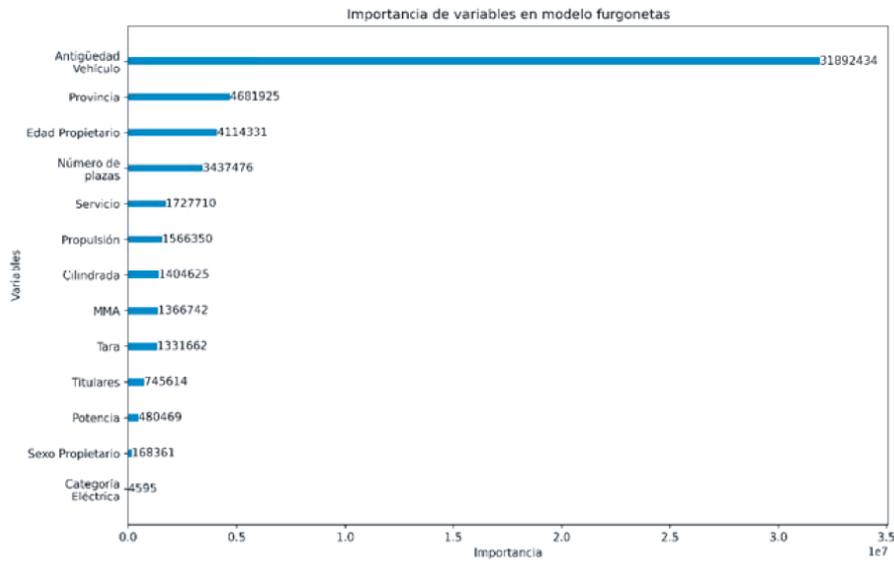
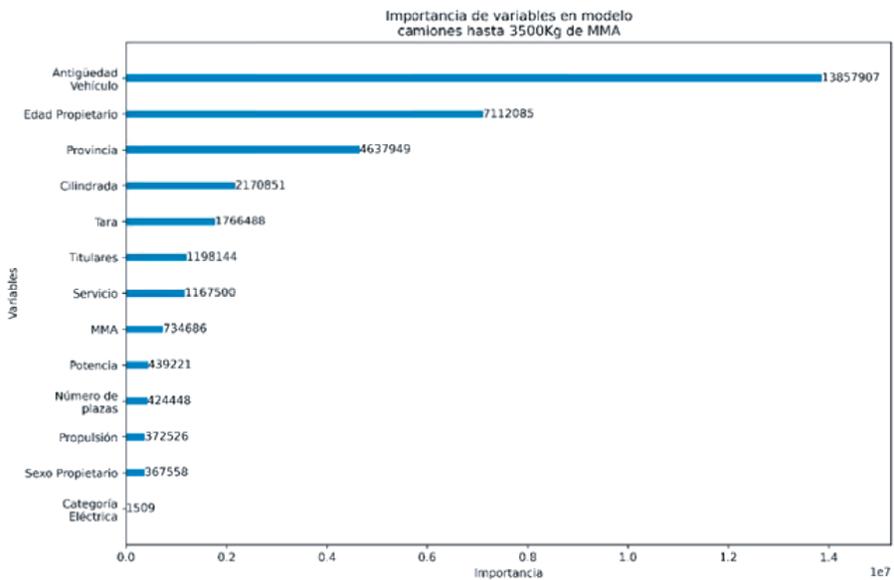


Figura 8: Importancia de las variables para el modelo de furgonetas.



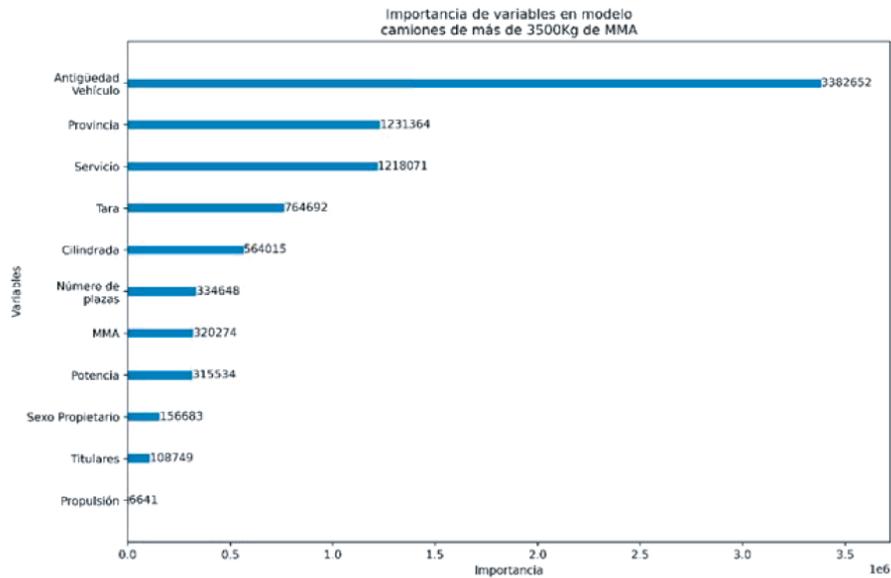
En cuanto a camiones, para los de hasta 3500 kg de MMA (Figura 9), la provincia en la que se están inscribiendo y la edad del propietario¹¹ son las que más ayudan a predecir. El servicio también juega un papel importante en los camiones de más de 3500 kg de MMA (Figura 10).

Figura 9: Importancia de las variables para el modelo de camiones hasta 3500 Kg de MMA.



¹¹ La media de kilómetros para propietarios menores de 45 años es de 14.577 km y para empresas de 15.403 km, mientras que la de mayores de 45 es de 11.629 km.

Figura 10: Importancia de las variables para el modelo de camiones de más de 3500Kg de MMA.



En autobuses (Figura 11), la masa máxima autorizada y la provincia son las que más ayudan a predecir los kilómetros anualizados. En cuanto a los tractores industriales (Figura 12), la provincia también ayuda a predecir el kilometraje anualizado.

Figura 11: Importancia de las variables para el modelo de autobuses.

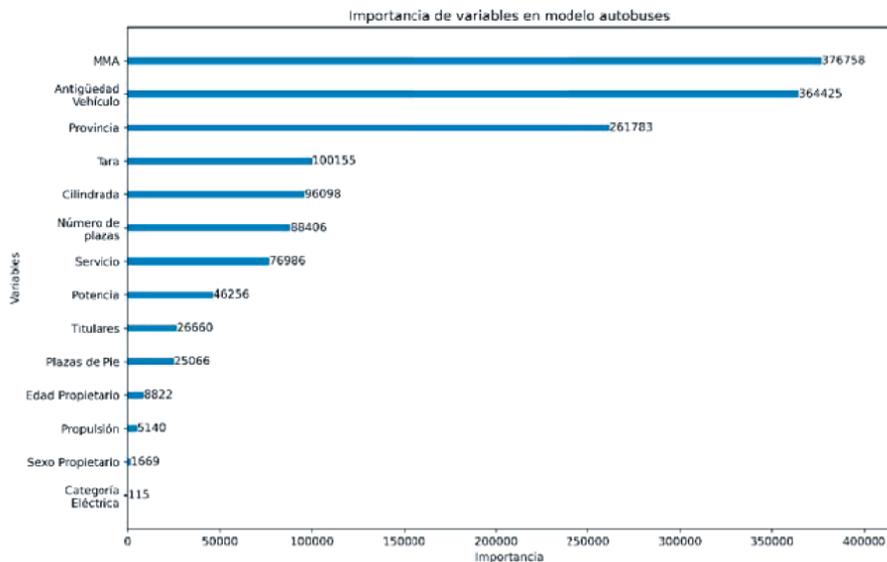
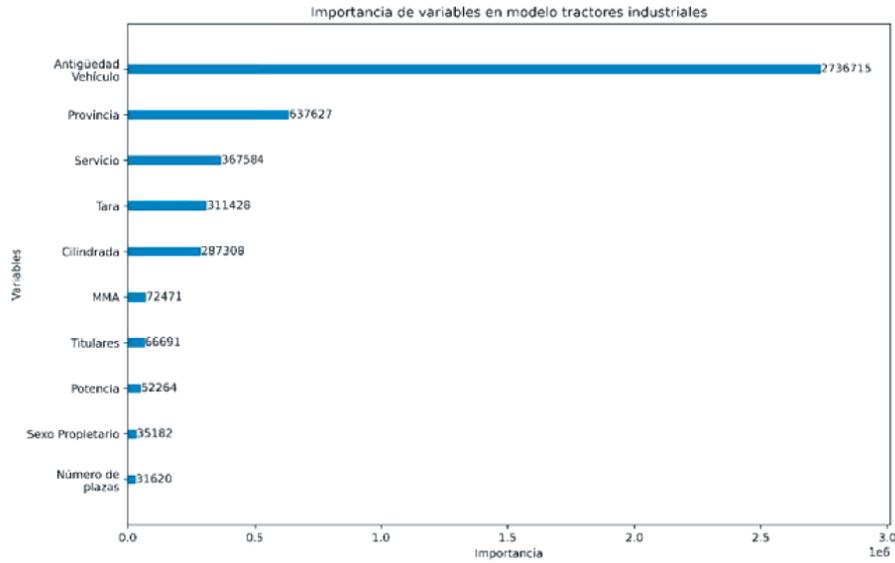


Figura I2: Importancia de las variables para el modelo de tractores industriales.



Validación sobre parque de vehículos

24

Validamos ahora las predicciones sobre el parque circulante⁸ de vehículos del año 2022. Para comparar las predicciones, confrontamos las predicciones de los modelos con su lectura real en la ITV más cercana en el tiempo. Se ha conseguido sustituir un 63 % de las estimaciones por su lectura de odómetro en la ITV. El 37% restante mantiene su valor estimado por el modelo.

Ni por vehículo (Tabla 11) ni desagregado por grupo de edad (Tabla 12) se encuentran diferencias.

Tabla 11: Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por tipo de vehículo.

		Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones hasta 3500Kg	Camiones desde 3500Kg	Autobuses	Tractores Industriales
Valor ITV	Número de vehículos estrato	1.070.004	3.506.772	23.173.813	2.266.269	1.953.189	272.157	57.532	222.594
	KM medios anualizados	1.789	2.835	12.886	15.992	13.748	25.759	46.356	89.139
Valor Estimado	KM medios anualizados	1.759	2.831	13.073	15.815	13.642	25.235	46.607	88.291

Tabla 12: Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por antigüedad del parque.

		Antigüedad Vehículo	Ciclomotores	Motocicletas	Turismos	Furgonetas	Camiones hasta 3500Kg	Camiones desde 3500Kg	Autobuses	Tractores Industriales
VALOR ITV	NÚMERO DE VEHÍCULOS ESTRATO	DE 0 A 4 AÑOS	99.885	835.696	4.807.705	495.573	243.843	34.897	13.813	71.399
		DE 5 A 9 AÑOS	81.330	611.678	4.701.720	390.543	224.155	30.773	14.245	68.150
		DE 10 A 14 AÑOS	139.009	627.828	4.033.581	276.559	260.776	41.765	12.563	32.531
		DE 15 A 19 AÑOS	301.273	771.396	5.712.381	465.981	697.915	73.586	11.571	33.218
		20 AÑOS Y MÁS	448.507	660.174	3.918.426	637.613	526.500	91.136	5.340	17.296
	KM MEDIOS ANUALIZADOS	DE 0 A 4 AÑOS	3.579	4.914	21.589	28.902	24.987	47.125	65.691	129.597
		DE 5 A 9 AÑOS	2.935	3.229	13.421	22.013	19.661	46.312	58.797	100.112
		DE 10 A 14 AÑOS	2.008	2.337	11.362	14.942	14.277	30.165	39.438	64.870
		DE 15 A 19 AÑOS	1.733	2.057	9.845	10.728	11.645	21.732	28.630	39.764
		20 AÑOS Y MÁS	1.152	1.222	7.571	6.571	8.552	11.870	17.846	19.367
VALOR ESTIMADO	KM MEDIOS ANUALIZADOS	DE 0 A 4 AÑOS	3.602	4.909	21.646	28.730	25.014	47.042	68.357	127.229
		DE 5 A 9 AÑOS	2.792	3.144	13.980	21.461	18.986	44.664	57.617	100.153
		DE 10 A 14 AÑOS	1.978	2.385	11.464	14.729	14.247	29.338	39.098	65.023
		DE 15 A 19 AÑOS	1.700	2.072	9.941	10.656	11.612	21.152	28.533	38.720
		20 AÑOS Y MÁS	1.134	1.225	7.687	6.561	8.492	11.741	17.808	19.787

Tampoco se aprecian diferencias significativas en términos de cilindrada (Tabla 13 y Tabla 14).

Tabla 13: Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por cilindrada en motocicletas.

		Cilindrada	Motocicleta
VALOR ITV	NÚMERO DE VEHÍCULOS ESTRATO	Hasta 125 cm ³	1.583.445
		De 126 a 250 cm ³	408.940
		De 251 a 500 cm ³	424.824
		De 501 a 750 cm ³	596.456
		Más de 1.000 cm ³	224.947
	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Hasta 125 cm ³	2.596
		De 126 a 250 cm ³	1.492
		De 251 a 500 cm ³	3.275
		De 501 a 750 cm ³	2.949
		Más de 1.000 cm ³	4.849
VALOR ESTIMADO	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Hasta 125 cm ³	2.577
		De 126 a 250 cm ³	1.498
		De 251 a 500 cm ³	3.290
		De 501 a 750 cm ³	2.967
		Más de 1.000 cm ³	4.838

Tabla 14: Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por cilindrada.

		Cilindrada	Turismos	Furgonetas	Camiones hasta 3500Kg	Camiones desde 3500Kg	Autobuses	Tractores Industriales
VALOR ITV	NÚMERO DE VEHÍCULOS ESTRATO	Menos de 1.200 cm ³	3.460.559	43.328	22.832	589	751	242
		De 1.200 a 1.600 cm ³	9.740.447	535.733	462.968	148	22	119
		De 1.600 a 1.999 cm ³	7.828.158	598.170	696.109	488	534	98
		2.000cm ³ y más	2.144.649	1.089.038	771.280	270.932	56.225	222.135
	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Menos de 1.200 cm ³	12.157	7.651	9.560	20.676	41.483	28.334
		De 1.200 a 1.600 cm ³	12.885	19.405	16.348	19.240	20.458	24.433
		De 1.600 a 1.999 cm ³	13.385	16.999	12.872	29.001	35.928	16.562
		2.000cm ³ y más	12.248	14.091	13.103	25.768	46.531	89.272
VALOR ESTIMADO	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Menos de 1.200 cm ³	12.245	7.658	9.585	21.153	41.409	31.545
		De 1.200 a 1.600 cm ³	13.084	19.145	16.192	18.255	19.559	21.759
		De 1.600 a 1.999 cm ³	13.598	16.936	12.889	29.672	35.891	17.408
		2.000cm ³ y más	12.440	13.886	12.910	25.240	46.789	88.420

En cuanto a la carga útil, en los vehículos habilitados para ello, tampoco se aprecian diferencias significativas (Tabla 15 y Tabla 16).

Tabla 15: Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por carga útil para furgonetas y camiones de hasta 3500 Kg de MMA.

		Carga	Furgoneta	Camión hasta 3500Kg
VALOR ITV	NÚMERO DE VEHÍCULOS ESTRATO	Hasta 499 kg	303.589	147.767
		De 500 a 749 kg	1.163.350	901.286
		De 750 a 999 kg	359.880	446.685
		De 1.000 a 1.499 kg	345.671	395.728
		De 1.500 y más kg	93.779	61.723
	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Hasta 499 kg	9.339	12.558
		De 500 a 749 kg	14.505	12.792
		De 750 a 999 kg	17.487	14.941
		De 1.000 a 1.499 kg	23.607	14.838
		De 1.500 y más kg	22.161	14.950
VALOR ESTIMADO	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Hasta 499 kg	9.342	12.477
		De 500 a 749 kg	14.411	12.724
		De 750 a 999 kg	17.225	14.751
		De 1.000 a 1.499 kg	23.192	14.736
		De 1.500 y más kg	21.597	14.788

Tabla 16: Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, para camiones de más de 3500 Kg de MMA, autobuses y tractores industriales.

		Carga	Camión más de 3500Kg	Autobús	Tractor Industrial
VALOR ITV	NÚMERO DE VEHÍCULOS ESTRATO	Hasta 1499 kg	5.069	4.728	808
		De 1.500 a 4.999 kg	87.393	21.733	633
		De 5.000 a 6.999 kg	38.277	17.638	1.934
		De 7.000 a 9.999 kg	57.569	8.837	118.090
		De 10.000 y más kg	83.849	4.596	101.129
	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Hasta 1499 kg	15.155	30.118	27.032
		De 1.500 a 4.999 kg	21.772	35.498	29.906
		De 5.000 a 6.999 kg	23.998	51.414	71.092
		De 7.000 a 9.999 kg	25.824	63.226	114.696
		De 10.000 y más kg	31.314	62.563	60.508
VALOR ESTIMADO	KM MEDIOS ANUALIZADOS	Hasta 1499 kg	15.095	30.267	28.069
		De 1.500 a 4.999 kg	21.266	36.257	27.992
		De 5.000 a 6.999 kg	23.657	51.855	70.437
		De 7.000 a 9.999 kg	25.307	62.425	113.378
		De 10.000 y más kg	30.655	61.808	60.197

Tabla 17. Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por tipo de propulsión del vehículo.

	Propulsión	Ciclomotor	Motocicleta	Turismo	Furgoneta	Camión hasta 3500Kg	Camión más de 3500Kg	Autobús	Tractor Industrial	
		VALOR ITV	NÚMERO DE VEHÍCULO S ESTRATO	Gasolina	985.367	3.460.242	9.957.890	244.420	64.307	1.456
Diesel	54.675			5.602	12.990.790	1.995.537	1.878.563	266.697	52.435	
Eléctrico	29.808			40.370	109.582	11.296	4.208	276	710	
Otros/Sin Especificar	143			344	1.527	145	84	43	141	
Butano				11	204	15	10	12	4	
GLP	8			172	96.627	10.664	4.481	377	344	
GNC				9	16.802	4.168	1.520	3.066	3.792	
GNL	3			6	102	15	13	221	10	
Hidrógeno					104	3		8	10	
Biometano				2	25	5	2	1	1	
Etanol					73					
Biodiesel				14	87	1	1		6	
VALOR ESTIMA- DO	KM MEDIOS ANUALIZA DOS	Gasolina	1.662	2.817	11.425	9.115	8.942	14.979	22.771	89.139
		Diesel	3.501	10.983	13.796	16.795	13.900	25.710	45.737	
		Eléctrico	2.863	3.256	20.460	12.307	9.370	23.966	42.317	
		Otros/Sin Especificar	1.184	1.563	22.067	10.311	12.525	20.570	35.789	
		Butano		2.203	25.711	17.197	14.320	16.148	28.006	
		GLP	1.313	4.981	29.264	22.900	20.820	36.164	57.227	
		GNC		12.879	30.547	27.035	20.896	29.300	55.541	
		GNL	2.289	4.117	22.089	15.324	21.709	92.696	72.816	
		Hidrógeno			23.889	21.371		20.248	19.141	
		Biometano		2.576	14.876	13.844	19.043	32.607	40.560	
		Etanol			9.595					
		Biodiesel		2.417	12.574	4.943	25.455		82.832	
VALOR ESTIMA- DO	KM MEDIOS ANUALIZA DOS	Gasolina	1.627	2.813	11.540	9.085	8.981	14.716	20.898	88.291
		Diesel	3.469	11.130	14.040	16.598	13.787	25.204	45.938	
		Eléctrico	2.999	3.235	20.463	12.528	9.324	25.876	42.009	
		Otros/Sin Especificar	1.185	1.648	20.604	9.100	12.940	21.343	43.792	
		Butano		2.840	24.178	12.425	12.921	20.001	36.069	
		GLP	1.313	4.496	29.518	22.827	21.064	33.024	61.628	
		GNC		12.683	30.506	26.795	21.067	28.535	55.930	
		GNL	2.289	4.254	21.311	16.391	22.694	73.404	73.342	
		Hidrógeno			23.189	21.371		20.248	33.985	
		Biometano		3.818	15.598	23.489	19.033	32.607	40.560	
		Etanol			11.977					
		Biodiesel		2.574	12.236	10.541	19.285		71.137	

Tabla 18. Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por comunidad autónoma.

		CCAA	Ciclomotor	Motocicleta	Turismo	Furgoneta	Camión hasta 3500Kg	Camión más de 3500Kg	Autobús	Tractor Industrial	
VALOR ITV	NÚMERO DE VEHÍCULO S ESTRATO	Andalucía	323.325	685.296	4.003.638	383.597	358.210	46.284	7.743	37.585	
		Aragón	25.574	77.571	595.060	66.894	56.385	8.163	1.190	9.445	
		Asturias	13.451	59.083	492.085	45.263	28.075	5.715	1.419	3.804	
		Balears	45.261	139.527	637.760	52.210	69.944	6.836	2.214	1.856	
		Canarias	26.886	145.313	1.090.728	126.144	195.885	15.058	5.190	4.390	
		Cantabria	10.074	41.819	298.455	24.863	22.818	3.611	611	3.445	
		C. y León	38.936	136.513	1.275.567	133.028	103.840	19.496	3.024	15.981	
		C.-La Mancha	59.283	117.911	1.090.626	124.717	117.936	16.995	1.921	18.476	
		Cataluña	146.177	788.049	3.152.942	319.142	260.057	37.933	8.311	27.416	
		Ceuta	1.794	12.365	34.201	4.209	1.713	207	52	56	
		Com. Valenciana	133.794	386.696	2.472.606	181.694	205.803	25.275	4.059	24.488	
		Extremadura	37.997	58.763	583.161	64.872	54.329	8.262	1.289	5.598	
		Galicia	50.775	168.065	1.498.360	115.237	98.022	18.936	4.498	14.324	
		Madrid	57.622	376.021	3.725.734	424.152	201.750	32.915	9.787	28.465	
		Melilla	2.064	7.658	40.932	7.659	2.872	235	42	91	
		Murcia	54.977	111.600	756.182	60.098	65.024	10.927	1.691	13.559	
		Navarra	11.136	36.611	321.515	36.691	29.042	3.587	718	4.212	
		País Vasco	25.053	140.041	956.885	78.634	65.389	9.443	3.516	7.501	
	La Rioja	5.825	17.870	147.376	17.165	16.095	2.279	257	1.902		
		KM MEDIOS ANUALIZA DOS	Andalucía	1.730	2.782	12.160	13.811	12.654	22.103	38.236	96.133
	Aragón		1.388	2.305	11.993	14.375	12.488	28.398	52.411	93.096	
	Asturias		1.529	2.208	12.328	14.576	14.099	23.102	55.077	75.457	
	Balears		2.247	3.194	11.942	14.646	12.813	20.254	43.298	33.961	
	Canarias		2.777	3.488	12.369	13.194	13.096	17.101	43.687	28.434	
	Cantabria		1.733	2.386	12.786	15.495	14.431	25.826	37.549	87.778	
	C. y León		1.115	2.075	11.757	13.974	12.634	22.188	40.703	78.872	
	C.-La Mancha		1.188	2.137	12.791	14.118	12.680	26.957	39.420	88.317	
	Cataluña		2.071	3.130	12.422	15.073	13.779	30.026	42.797	80.140	
	Ceuta		2.313	2.988	9.229	9.274	9.813	12.508	28.229	40.299	
	Com. Valenciana		1.999	2.842	12.096	16.048	13.304	29.142	41.871	90.297	
	Extremadura		1.297	2.219	11.724	13.982	12.175	20.546	32.379	79.163	
	Galicia		1.651	2.181	12.079	16.377	13.515	23.677	43.999	84.198	
	Madrid		2.024	3.396	16.513	21.988	18.957	31.162	59.530	109.073	
Melilla	1.912		2.744	9.168	8.786	9.597	12.347	28.530	27.717		
Murcia	1.851		2.531	12.937	17.390	15.691	26.947	33.817	98.174		
Navarra	1.164		2.196	11.968	13.514	12.518	28.407	45.078	92.529		
País Vasco	1.653		2.443	11.855	14.869	13.342	27.585	65.271	84.234		
La Rioja	1.220	2.068	11.323	13.085	11.760	27.215	63.929	84.200			
	KM MEDIOS ANUALIZA DOS	Andalucía	1.705	2.769	12.326	13.589	12.557	21.459	39.124	94.732	
Aragón		1.346	2.283	12.165	13.938	12.312	27.601	50.934	92.852		
Asturias		1.475	2.225	12.577	14.309	13.825	22.283	53.877	74.567		
Balears		2.255	3.198	11.991	14.733	12.754	20.353	42.437	37.559		
Canarias		2.726	3.460	12.605	13.431	13.267	17.094	43.994	31.484		
Cantabria		1.663	2.374	12.992	15.107	14.253	24.681	37.949	87.677		
C. y León		1.069	2.068	11.921	13.538	12.370	21.248	40.197	78.167		
C.-La Mancha		1.165	2.125	12.919	13.674	12.274	25.956	40.606	87.454		
Cataluña		2.058	3.145	12.589	14.924	13.679	29.758	42.673	79.219		
Ceuta		2.259	2.950	9.601	10.259	10.770	14.208	28.831	64.638		
Com. Valenciana		1.971	2.835	12.228	15.956	13.285	28.654	43.323	89.862		
Extremadura		1.268	2.204	11.903	13.544	12.004	20.208	34.369	77.698		
Galicia		1.595	2.186	12.360	16.005	13.416	22.997	45.331	83.206		
Madrid		1.980	3.388	16.762	21.909	18.787	30.728	59.835	108.523		
Melilla		1.815	2.738	9.700	9.127	9.803	15.263	32.876	28.495		
Murcia		1.815	2.535	13.095	17.219	15.512	26.517	34.859	97.053		
Navarra		1.130	2.190	12.144	13.450	12.417	27.846	46.126	88.960		
País Vasco		1.568	2.427	12.056	14.801	13.263	27.331	62.817	82.002		
La Rioja	1.185	2.038	11.489	12.860	11.461	26.277	63.280	82.413			

Incluimos también en las Tabla 17 y Tabla 18 las comparaciones por tipo de propulsión y comunidad autónoma.

Con estas comprobaciones podemos ver que los modelos reproducen adecuadamente la distribución de kilómetros real del parque móvil, tanto a nivel agregado como por las principales variables de desagregación.

Principales resultados

Incluimos ahora las principales predicciones del modelo para el parque circulante del año 2022.

Figura 13. Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por tipo de vehículo.

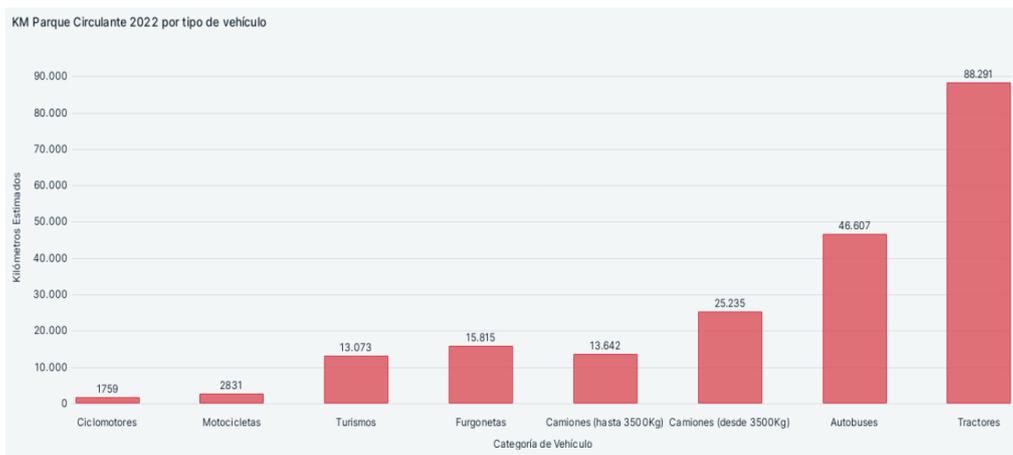


Figura 14. Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por antigüedad del parque.

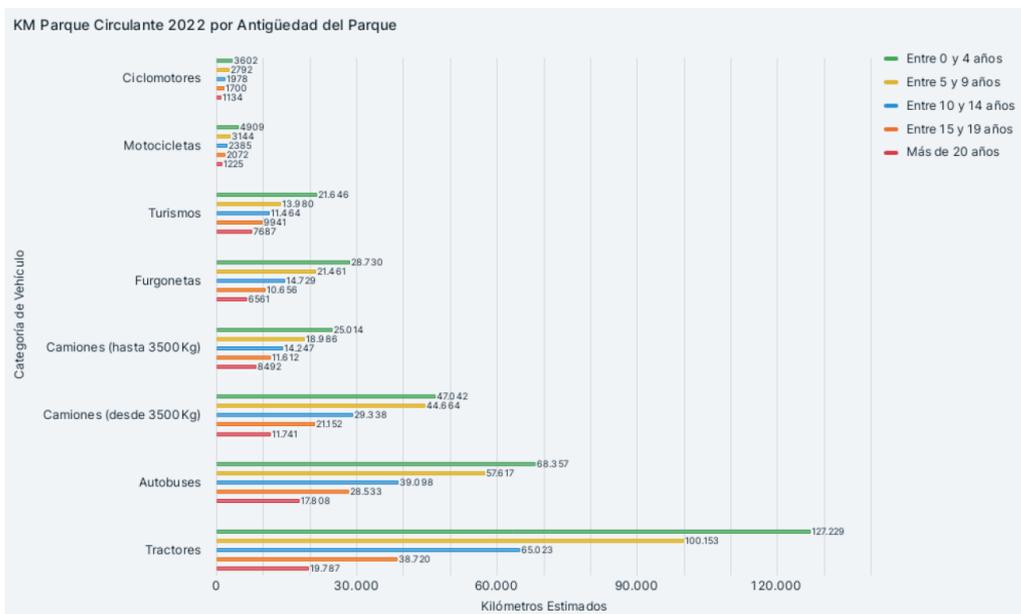


Figura 15. Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por propulsión del vehículo (ciclomotores, motocicletas, turismos y furgonetas).

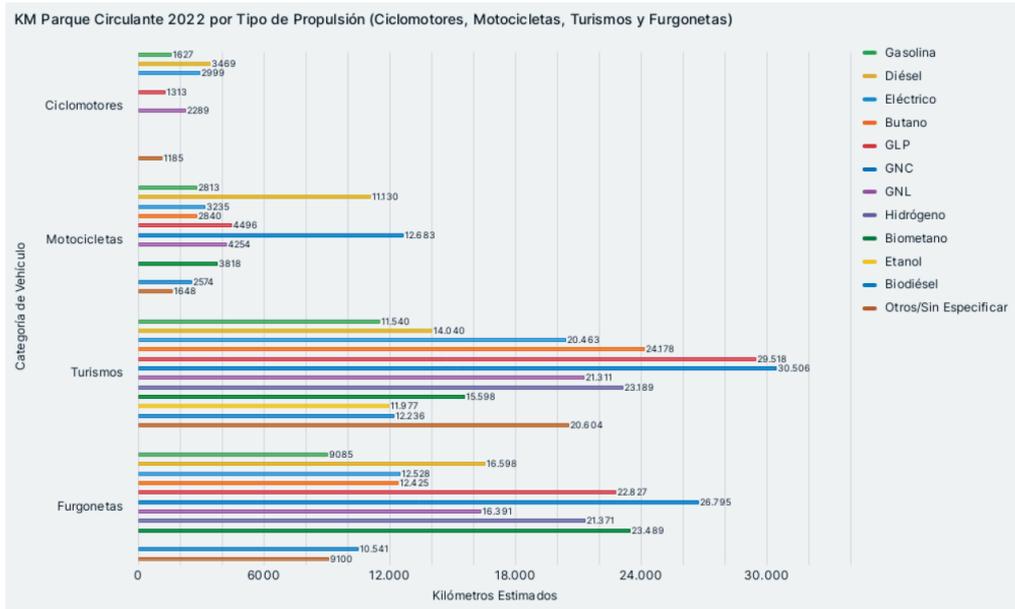
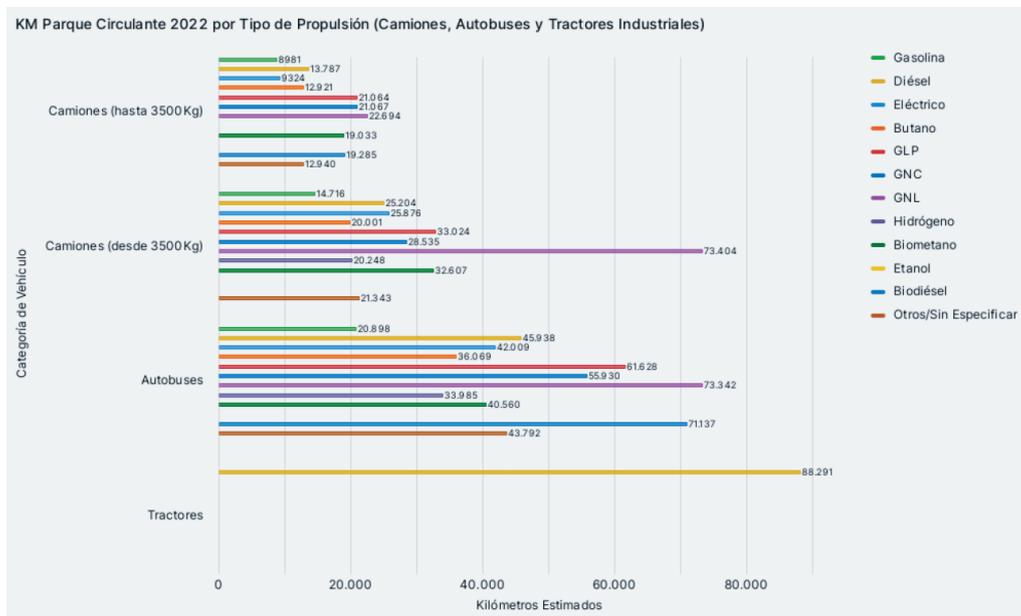


Figura 16. Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por propulsión del vehículo (camiones, autobuses y tractores industriales).



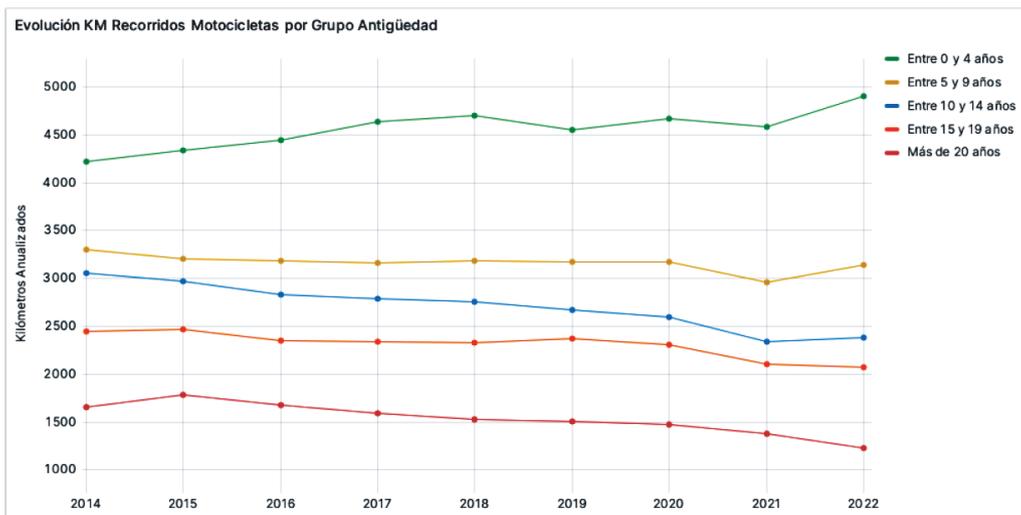
En el anexo 2 incluimos más resultados sobre las predicciones del modelo.

A continuación, mostramos un análisis de la evolución de los kilómetros anualizados

por tramos de edad de distintos tipos de vehículos. La estructura de los siguientes gráficos es la siguiente: entre los años 2014 y 2021 se muestran los datos promedio de las lecturas reales en la ITV; para el año 2022 se muestra la estimación del modelo para todo el parque circulante.

En la Figura 17 se puede ver la evolución de los kilómetros anualizados por las motocicletas. Obviando el efecto pandemia, se puede observar un aumento en la utilización de las motocicletas nuevas y un uso equivalente de las motocicletas de entre 5 y 9 años de antigüedad.

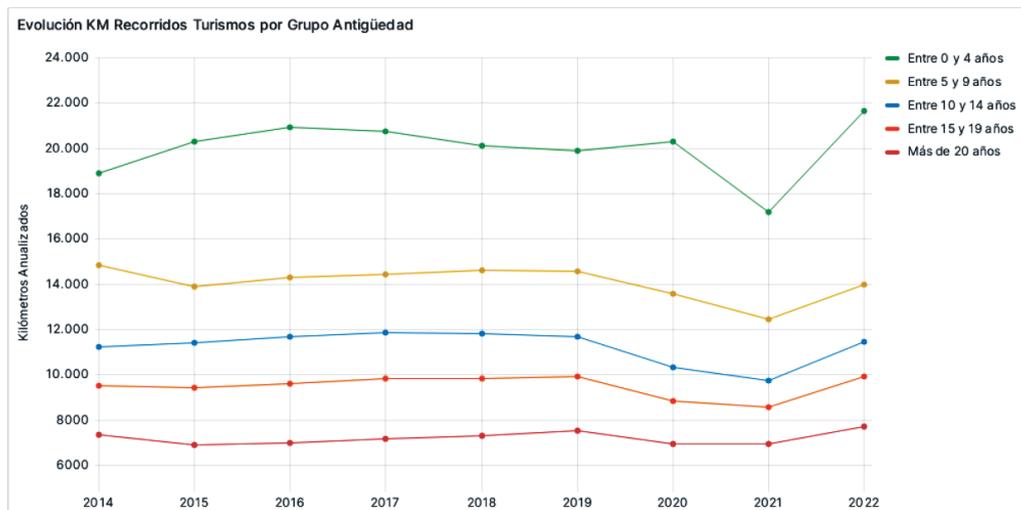
Figura 17. Evolución del uso de motocicletas por antigüedad.



34

En la Figura 18 se muestra la evolución del uso de turismos a lo largo del tiempo. Se observa un efecto pandemia importante y una ligera tendencia al alza del uso de vehículos más antiguos.

Figura 18. Evolución del uso de turismos por antigüedad.



En el anexo 2 incluimos las series para ciclomotores (Figura 27) y furgonetas (Figura 28).

3

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos podido establecer una metodología para imputar los kilómetros recorridos anualizados a todo el parque móvil circulante. Para cada categoría de vehículo considerada, se ha ajustado un modelo predictivo en base a la lectura de los odómetros de las ITV. Estos modelos se han validado tanto sobre las propias ITV como aplicado al parque móvil. Se comprueba que, aunque la predicción puntual tenga un cierto error, sobre el parque móvil y de manera agregada se ha comprobado su robustez.

En cuanto a posibles mejoras en la predicción se podría investigar la inclusión de información sobre si el vehículo ha tenido un accidente, o la lectura de los kilómetros anualizados de una ITV anterior como predictor de los kilómetros actuales.

ANEXO I: LISTADO DE VEHÍCULOS POR CADA CATEGORÍA DE VEHÍCULO

Ciclomotores

Los siguientes vehículos se engloban en la categoría de ciclomotores:

- CICLOMOTOR DE 2 RUEDAS (L1e).
- CICLOMOTOR DE 3 RUEDAS (L2e).
- CUATRICICLO LIGERO (L6e).

Motocicletas

La categoría de motocicletas engloba al resto de la categoría L que no sean ciclomotores:

- MOTOCICLETA DE 2 RUEDAS SIN SIDECAR (L3e).
- MOTOCICLETA CON SIDECAR (L4e).
- MOTOCARRO (L4).
- AUTOMÓVIL DE 3 RUEDAS (L5).
- CUATRICICLO PESADO (L7e).
- COCHE DE INVÁLIDO.

Turismos

La categoría de turismos engloba a los vehículos de categoría M1.

Furgonetas

Los siguientes vehículos de la categoría N1 conforman la categoría de furgonetas.

- FURGONETA.
- FURGONETA MIXTA.
- AMBULANCIA.
- COCHE FÚNEBRE.
- CAMIONETA.
- TODO TERRENO.

Camiones de hasta 3.500 Kg de MMA

Los siguientes vehículos de la categoría NI¹² conforman la categoría de camiones de hasta 3.500 Kg de MMA.

- CAMIÓN.
- CAMIÓN PLATAFORMA.
- CAMIÓN CAJA.
- CAMIÓN FURGÓN.
- CAMIÓN BOTELLERO.
- CAMIÓN CISTERNA.
- CAMIÓN JAULA.
- CAMIÓN FRIGORÍFICO.
- CAMIÓN TALLER.
- CAMIÓN PARA CANTERA.
- CAMIÓN ARTICULADO.
- CAMIÓN ARTICULADO PLATAFORMA.
- CAMIÓN ARTICULADO CAJA.
- CAMIÓN ARTICULADO FURGÓN.
- CAMIÓN ARTICULADO BOTELLERO.
- CAMIÓN ARTICULADO CISTERNA.
- CAMIÓN ARTICULADO JAULA.
- CAMIÓN ARTICULADO FRIGORÍFICO.
- CAMIÓN ARTICULADO TALLER.
- CAMIÓN ARTICULADO PARA CANTERA.
- CAMIÓN PORTAVEHÍCULOS.
- CAMIÓN MIXTO.
- CAMIÓN PORTACONTENEDORES.
- CAMIÓN BASURERO.
- CAMIÓN ISOTERMO.
- CAMIÓN SILO.
- VEHICULO MIXTO ADAPTABLE.
- CAMIÓN ARTICULADO HORMIGONERA.
- CAMIÓN ARTICULADO VOLQUETE.
- CAMIÓN ARTICULADO GRÚA.
- CAMIÓN ARTICULADO CONTRA INCENDIOS.

¹² Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de mercancías y cuya masa máxima no sea superior a 3,5 toneladas.

Camiones de más de 3.500 Kg de MMA

Se incluyen en esta categoría los vehículos listados en la categoría “Camiones de hasta 3.500 Kg de MMA” de las categorías N2¹³ y N3¹⁴.

Autobuses

Vehículos de las categorías M2¹⁵ y M3¹⁵:

- AUTOBÚS.
- AUTOBÚS ARTICULADO.
- AUTOBÚS MIXTO.
- BIBLIOBÚS.
- AUTOBÚS LABORATORIO.
- AUTOBÚS TALLER.
- AUTOBÚS SANITARIO.

Tractores Industriales

Se incluyen los siguientes vehículos de la categoría T¹⁶ y otros vehículos agrícolas¹⁷:

- TRACTOR.
- TRACTOCAMIÓN.
- TRACTOCARRO.

¹³ Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de mercancías y cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas y menor a 12 toneladas.

¹⁴ Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de mercancías y cuya masa máxima sea superior a 12 toneladas.

¹⁵ Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de personas y su equipaje con más de ocho plazas, excluida la del conductor.

¹⁶ Tractores de ruedas agrícolas o forestales, con una velocidad máxima de fabricación superior a 40 km/h.

¹⁷ Resto de tractores de ruedas agrícolas o forestales, maquinas automotrices (excepto las de 1 eje), remolques especiales, maquinas remolcadas y tractocarros.

ANEXO II: RESULTADOS DE LAS PREDICIONES DE LOS MODELOS

Figura 19. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por carga útil (furgonetas y camiones de hasta 3500 Kg de MMA).

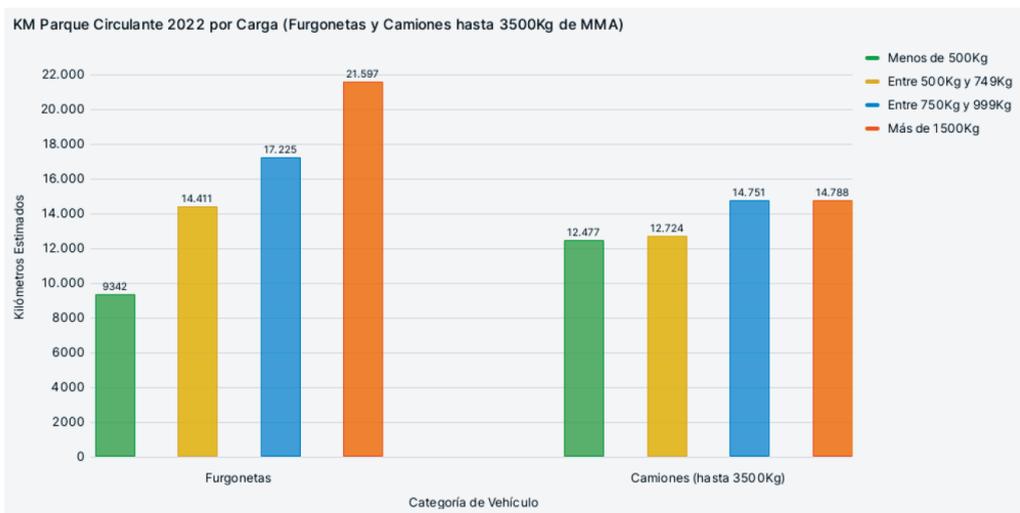


Figura 20. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por carga útil (camiones de 3500 Kg de MMA, autobuses y tractores industriales).

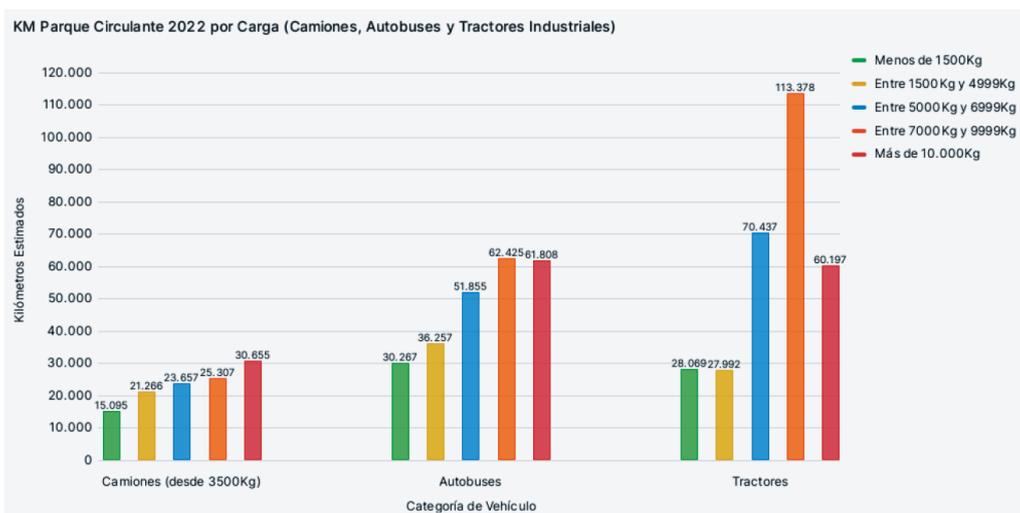


Figura 21. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por edad del propietario (ciclomotores, motocicletas, turismos y furgonetas).

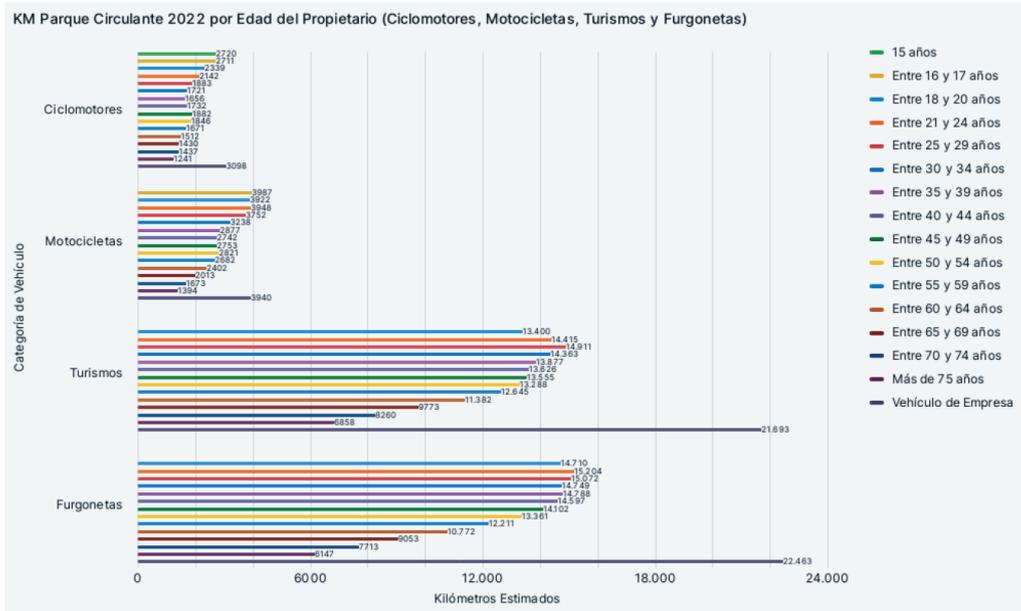


Figura 22. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por edad del propietario (camiones, autobuses y tractores industriales).

40

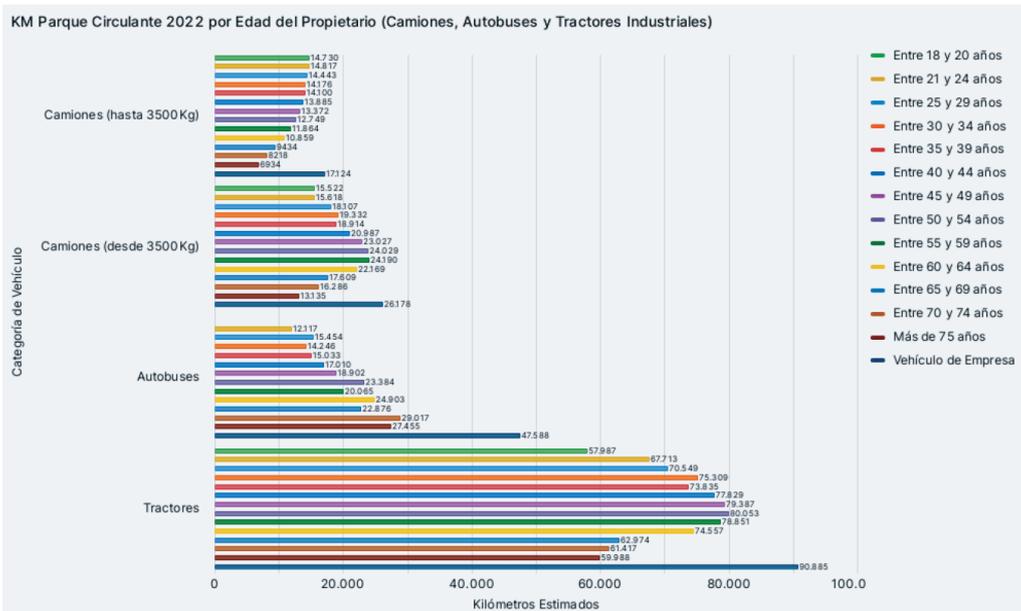


Figura 23. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por cilindrada (ciclomotores y motocicletas).

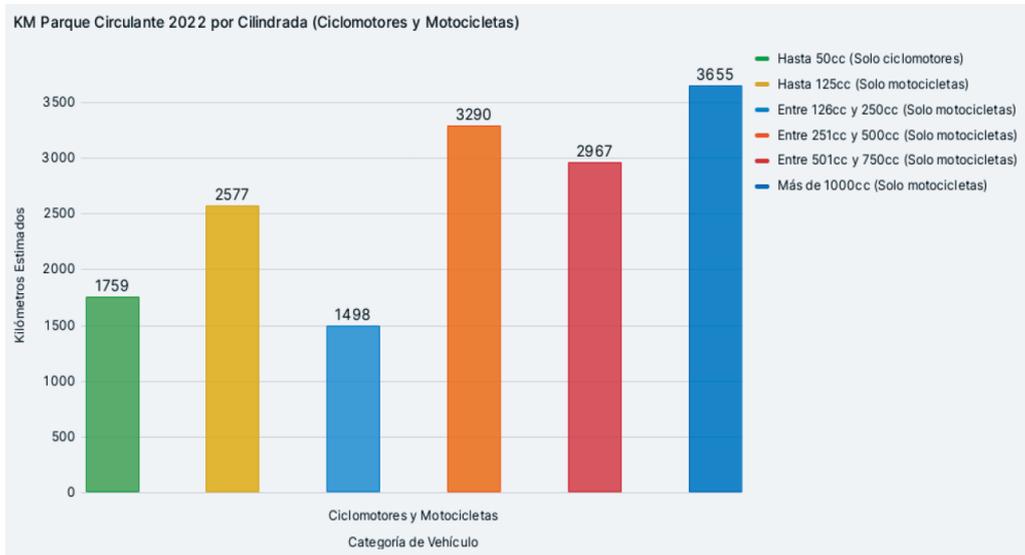


Figura 24. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por cilindrada (turismos, furgonetas, camiones, autobuses y tractores industriales).

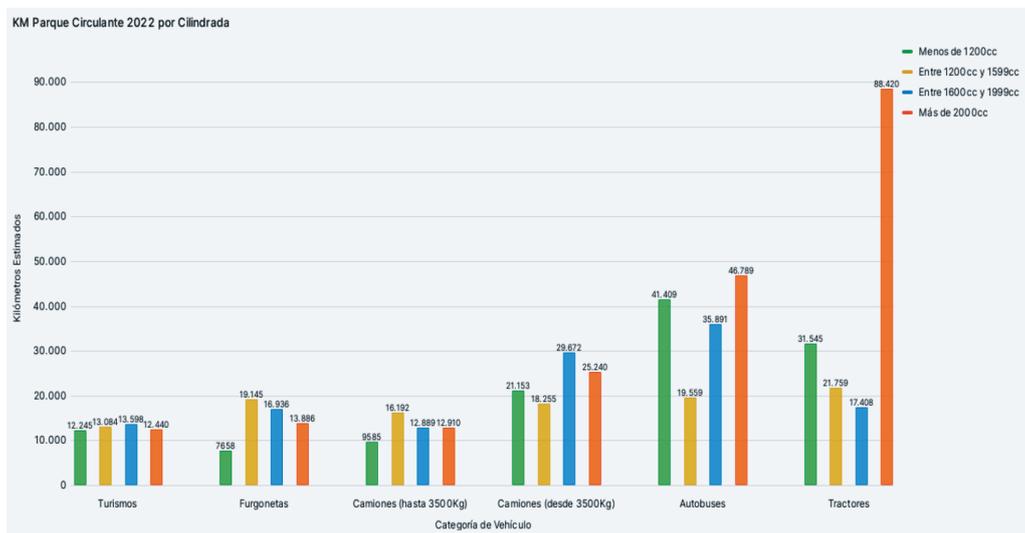


Figura 25. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por servicio (ciclomotores, motocicletas, turismos y furgonetas).

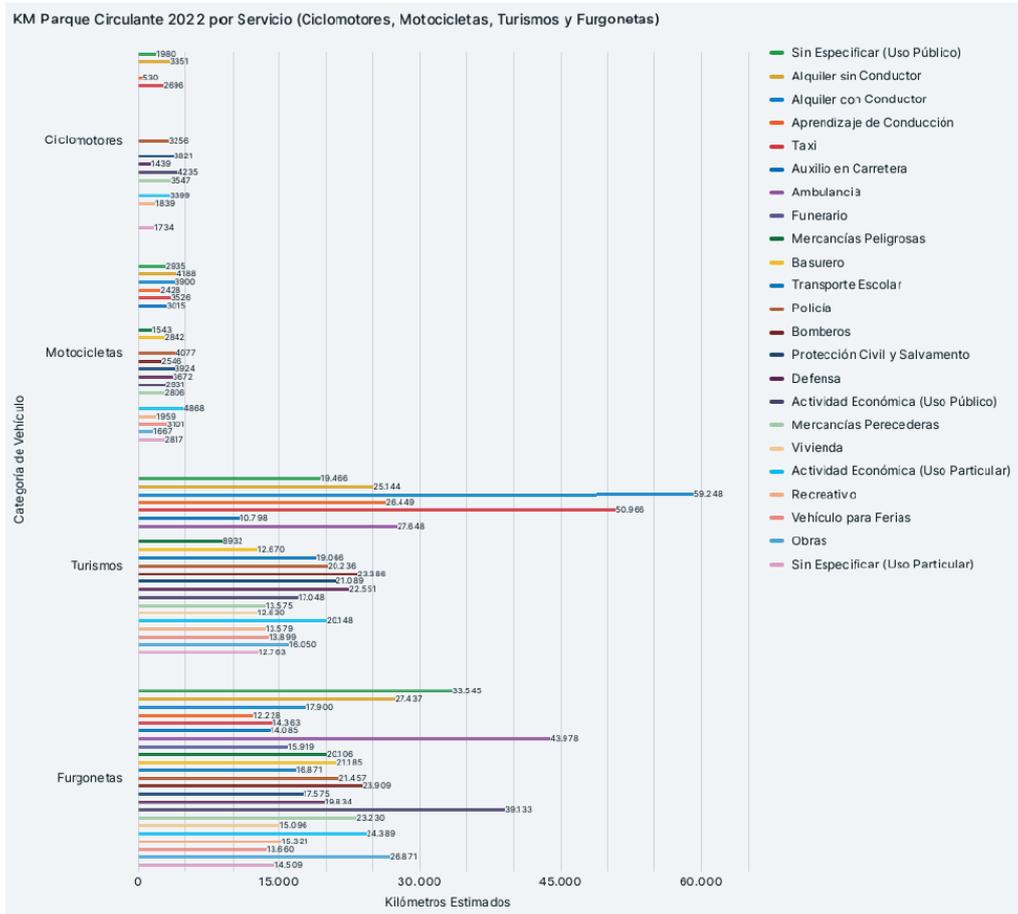


Figura 26. Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por servicio (camiones, autobuses y tractores industriales).

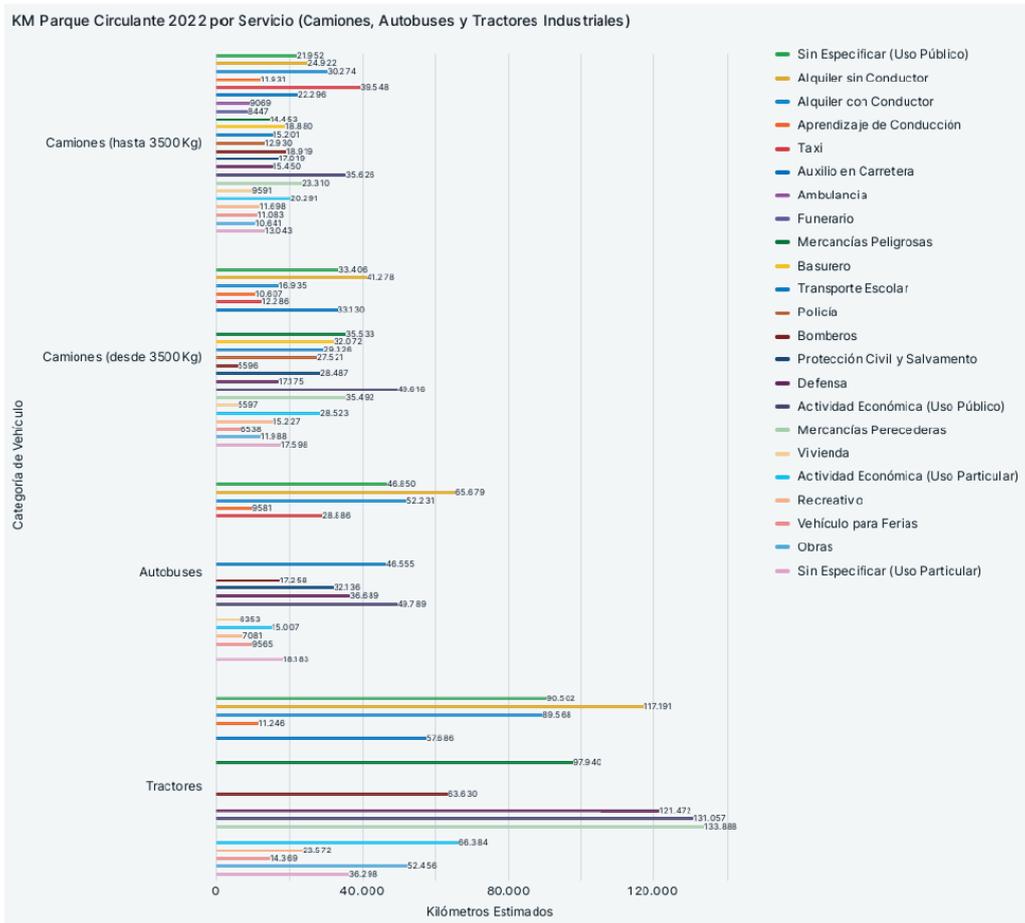


Figura 27. Evolución del uso de los ciclomotores, por antigüedad.

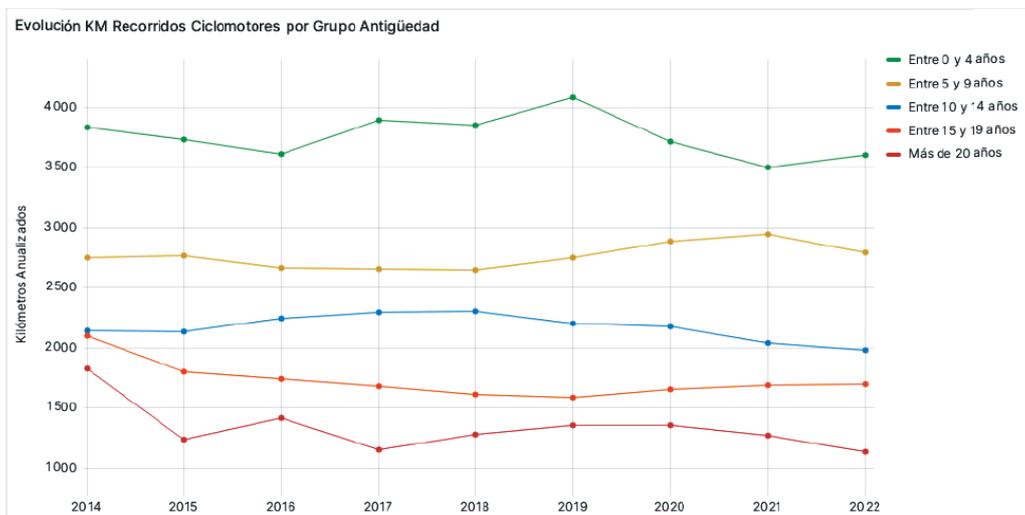
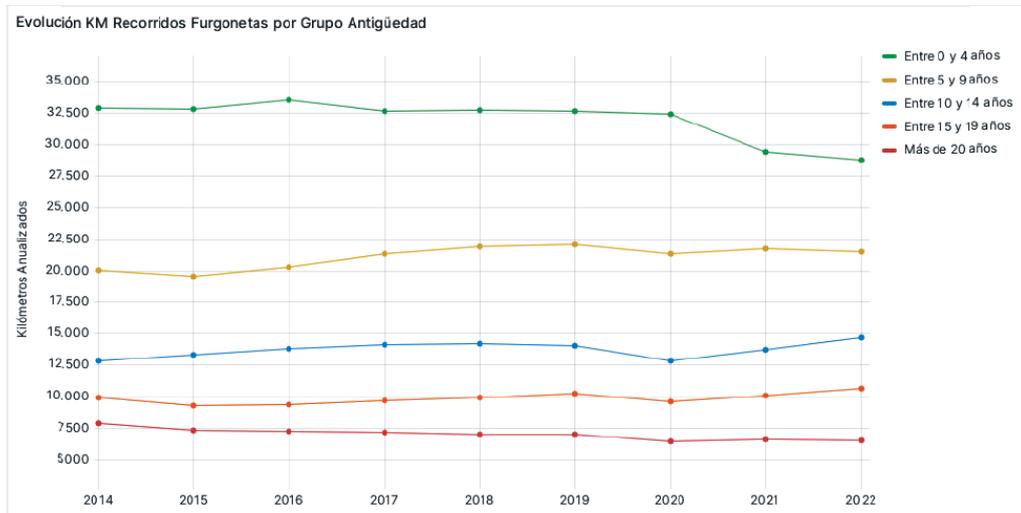


Figura 28. Evolución del uso de las furgonetas, por antigüedad.



ANEXO III: PARQUE CIRCULANTE

El parque de vehículos circulante se considera constituido por los vehículos automóviles para los que en los últimos diez años consta algún apunte en los registros de la Dirección General de Tráfico en los siguientes ámbitos:

- Someterse a una inspección técnica de vehículos.
- Tener seguro obligatorio.
- Tener cambio de titularidad.
- Darse de alta tras una baja temporal.
- Ser objeto de denuncia.

Con estos criterios se pretende reducir el impacto que tienen los vehículos (particularmente vehículos muy antiguos) que ya no circulan o que en su momento fueron dados de baja al margen de los procedimientos administrativos reglados. Se consideran criterios conservadores. Aplicando el criterio anterior y dependiendo del tipo de vehículo, entre el 5% y 45% del parque activo de vehículos es parque no circulante.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Intervalos de inclusión para cada categoría de vehículo.	8
Tabla 2:	Kilómetros anualizados por categoría de vehículo, para ITV entre 2014 y 20232, todas las ITV.	9
Tabla 3:	Intervalos de inclusión, en kilómetros, para cada categoría de vehículo.	9
Tabla 4:	Análisis de sensibilidad del filtro de kilómetros anualizados.	10
Tabla 5:	Kilómetros anualizados por categoría de vehículo, para ITV entre 2014 y 2023, datos depurados.	11
Tabla 6:	Kilómetros recorridos anualizados, por categoría de vehículo y año de inspección.	11
Tabla 7:	Variables utilizadas en el ajuste de los modelos.	18
Tabla 8:	Años utilizados para el ajuste de vehículos.	19
Tabla 9:	Medidas de la capacidad predictiva de los modelos.	19
Tabla 10:	Kilómetros recorridos por el parque circulante8 del año 2022. Los valores son por cada 10 millones de kilómetros.	20
Tabla 11:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por tipo de vehículo.	24
Tabla 12:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por antigüedad del parque.	25
Tabla 13:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por cilindrada en motocicletas.	26
Tabla 14:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por cilindrada.	27
Tabla 15:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por carga útil para furgonetas y camiones de hasta 3500Kg de MMA.	28
Tabla 16:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, para camiones de más de 3500Kg de MMA, autobuses y tractores industriales.	29
Tabla 17:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por tipo de propulsión del vehículo.	30
Tabla 18:	Comparación entre la estimación de kilómetros y su sustitución por lecturas reales, por comunidad autónoma.	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estimación no paramétrica de la densidad de kilómetros anualizados para ciclomotores y motocicletas.	12
Figura 2: Estimación no paramétrica de la densidad de kilómetros anualizados para turismos y furgonetas.	13
Figura 3: Estimación no paramétrica de la densidad ³ de kilómetros anualizados para camiones.	14
Figura 4: Estimación no paramétrica de la densidad ³ de kilómetros anualizados para autobuses y tractores industriales.	15
Figura 5: Importancia de las variables para el modelo de ciclomotores.	20
Figura 6: Importancia de las variables para el modelo de motocicletas.	21
Figura 7: Importancia de las variables para el modelo de turismos.	21
Figura 8: Importancia de las variables para el modelo de furgonetas.	22
Figura 9: Importancia de las variables para el modelo de camiones hasta 3500Kg de MMA.	22
Figura 10: Importancia de las variables para el modelo de camiones de más de 3500Kg de MMA.	23
Figura 11: Importancia de las variables para el modelo de autobuses.	23
Figura 12: Importancia de las variables para el modelo de tractores industriales.	24
Figura 13: Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por tipo de vehículo.	32
Figura 14: Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por antigüedad del parque.	32
Figura 15: Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por propulsión del vehículo (ciclomotores, motocicletas, turismos y furgonetas).	33
Figura 16: Kilómetros estimados por el parque circulante de 2022, por propulsión del vehículo (camiones, autobuses y tractores industriales).	33
Figura 17: Evolución del uso de motocicletas por antigüedad.	34
Figura 18: Evolución del uso de turismos por antigüedad.	34
Figura 19: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por carga útil (furgonetas y camiones de hasta 3500Kg de MMA).	39
Figura 20: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por carga útil (camiones de 3500Kg de MMA, autobuses y tractores industriales).	39
Figura 21: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por edad del propietario (ciclomotores, motocicletas, turismos y furgonetas).	40
Figura 22: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por edad del propietario (camiones, autobuses y tractores industriales).	40
Figura 23: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por cilindrada (ciclomotores y motocicletas).	41
Figura 24: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por cilindrada (turismos, furgonetas, camiones, autobuses y tractores industriales).	41
Figura 25: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por servicio (ciclomotores, motocicletas, turismos y furgonetas).	42
Figura 26: Kilómetros anualizados recorridos por el parque circulante de 2022, por servicio (camiones, autobuses y tractores industriales).	43
Figura 27: Evolución del uso de los ciclomotores, por antigüedad.	43
Figura 28: Evolución del uso de las furgonetas, por antigüedad.	44

BIBLIOGRAFÍA

España. Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos. Boletín Oficial del Estado, 8 de noviembre de 2017, núm 271, pp. de 107.068 a 107.133.

España. Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. Boletín Oficial del Estado, 26 de enero de 1999, núm. 22, pp. de 3.440 a 3.528.

Friedman, J., (2001). Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. *Annals of Statistics*, 10, Volumen 29, pp. 1189-1232.

Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J., (2009). En: *The Elements of Statistical Learning*. Segunda ed. Springer, pp. 352.

Hossain, A. & Gargett, D., (2011). Road vehicle-kilometres travelled estimated from state/territory fuel sales. Adelaide, Australia, s.n., pp. 28-30.

Ke, G. y otros, (2017). Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree}. *Advances in neural information processing systems*, Volumen 30, pp. 3149-3157.

Narváez-Villa, P., Arenas-Ramírez, B., Mira, J. & Aparicio-Izquierdo, F., (2021). Analysis and Prediction of Vehicle Kilometers Traveled: A Case Study in Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16).

O'Brien, T. A. et al., (2016). A fast and objective multidimensional kernel density estimation method: fastKDE. *Computational Statistics & Data Analysis*, Volumen 101, pp. 148-160.

Sungwoon, J. et al, (2017). An estimation of vehicle kilometer traveled and on-road emissions using the traffic volume and travel speed on road links in Incheon City. *Journal of Environmental Sciences*, Volumen 54, pp. 90-100.

Villaseñor, J. A. & González-Estrada, E., (2015). A variance ratio test of fit for Gamma distributions. *Statistics and Probability Letters*, Volumen 96, pp. 281-286.



MINISTERIO
DEL INTERIOR



Josefa Valcárcel, 44 - 28071 Madrid