

ANALISIS EXPLORATORIO DE LA MOVILIDAD DE LOS VEHICULOS TIPO TURISMO REGISTRADOS EN LAS ITV EN ESPAÑA

Paúl Narváez-Villa

Ingeniero, estudiante de Doctorado en la Universidad Politécnica de Madrid; Docente-Investigador, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca-Ecuador

Blanca Arenas Ramírez

Profesor Contratado Doctor. ETSI Industriales, Investigador INSIA-UPM, Madrid-España

José Manuel Mira

Profesor Titular. ETSI Industriales, Investigador INSIA-UPM, Madrid-España

RESUMEN

Los kilómetros recorridos por los vehículos del parque, son un indicador clave para conocer los patrones de uso y desplazamientos de los vehículos, determinar los niveles de movilidad y emisiones de forma muy desagregada.

En España, una fuente de información de los kilómetros recorridos anualmente por los vehículos, son las lecturas del cuentakilómetros registradas en los centros de inspección técnica vehicular (ITV) y constituyen un recurso valioso para la construcción de indicadores de movilidad.

En este trabajo se presentan los resultados del análisis exploratorio de los datos de una muestra de los registros de kilómetros recorridos anualmente por vehículos tipo turismo, en su paso por las ITV, en España en un período de 5 años.

El análisis permite establecer relaciones entre el kilometraje con atributos del vehículo, tales como la antigüedad, cilindrada, la tara y el número de plazas, además de otros aspectos como la ubicación geográfica y la edad del conductor.

El tratamiento de parte de los datos contenidos en los registros de ITV tienen una aplicación directa en el campo de la investigación científica de accidentes de tránsito.

1. INTRODUCCIÓN

Para el estudio de la seguridad vial, es necesario contar con indicadores de exposición, para poder evaluar los niveles de movilidad de vehículos y personas. Se puede considerar como los indicadores de exposición más idóneos a: vehículos-kilómetros y pasajeros-kilómetros, producidos en un período de tiempo; estos indicadores pueden referirse con otros aspectos,

tales como el tipo de vía, la ubicación geográfica, colectivos de usuarios, tipos de vehículos (Dirección General de Tráfico, 2011).

Uno de los parámetros para la estimación de la exposición, es el número de kilómetros recorridos por los vehículos (KV); pero la medición de los KV no resulta sencilla, por lo que se suele estimar en base a los siguientes métodos de recolección de datos: lectura del cuentakilómetros, encuestas de hogares, conteos de tráfico y el consumo de combustible (Transport Division, 2007).

(Góngora, 2012), establece que el método de lectura del cuentakilómetros, presenta la ventaja de ser un registro preciso, aunque demanda un uso muy intensivo de recursos y hay que contemplar la posibilidad de errores de lectura, anotación, transcripción y alteración del cuentakilómetros.

Los centros de Inspección Técnica Vehicular (ITV) registran datos de los vehículos inspeccionados, uno de ellos es la lectura del cuentakilómetros y además información adicional importante, relacionada con el uso, propiedad, prestaciones, averías, entre otras. A partir del 2011, en España, obligatoriamente se realiza la comunicación de los registros de ITV a la Dirección General de Tráfico (DGT), teniendo gran cantidad de información que no está disponible en otros lugares.

En este trabajo se realiza un análisis exploratorio de la movilidad de los vehículos tipo turismo de España, siendo por cantidad de vehículos, el segmento más importante, al conformar el 77% del total de parque de vehículos español. El análisis se lo realiza en base a la información de los registros de ITV, como un aporte al conocimiento de la movilidad de forma desagregada, considerando su importancia para la aplicación de políticas de gestión de tráfico y seguridad vial, enfocadas en colectivos específicos, contribuyendo a conseguir una movilidad segura y sostenible.

2. DATOS

Los datos facilitados por la DGT, constan de alrededor de 6 millones de registros de pruebas de ITV, correspondientes a vehículos de turismo, en un amplio período que incluye inspecciones con fechas del año 1985 hasta julio de 2015. Cada registro contiene 36 variables, con la información referente a los campos: identificación del vehículo, datos técnicos, titularidad, historial de inspección e historial de defectos.

Considerando que desde el 2011 es obligatorio la comunicación de los registros de revisiones técnicas a la DGT, y que a partir de 2013 el registro de vehículos de la DGT se conecta telemáticamente con todas las estaciones de ITV, se tiene que para años anteriores la información no es de buena calidad.

La misma presenta principalmente problemas de datos faltantes, datos registrados con valor de cero y valores incoherentes. En el presente trabajo se han considerado los datos del período 2011-2015, los cuales contienen, por tanto, información de una calidad aceptable.

3. METODOLOGÍA

En este trabajo, la primera actividad ha sido la preparación de los datos, necesaria en vista de los problemas encontrados con los datos suministrados; a continuación, se realiza un análisis exploratorio de la movilidad, utilizando metodología estadística de tipo descriptiva, y finalmente para relacionar la movilidad con la ubicación geográfica, se aplica un análisis clúster.

3.1 Preparación de los datos

Los datos suministrados se han sometido a un proceso de preparación, para lo cual se ha seguido la metodología indicada en la Figura 1. Los criterios de preparación, se han ejecutado mediante la aplicación de algoritmos generados en el lenguaje R (Hastie et al., 2009).

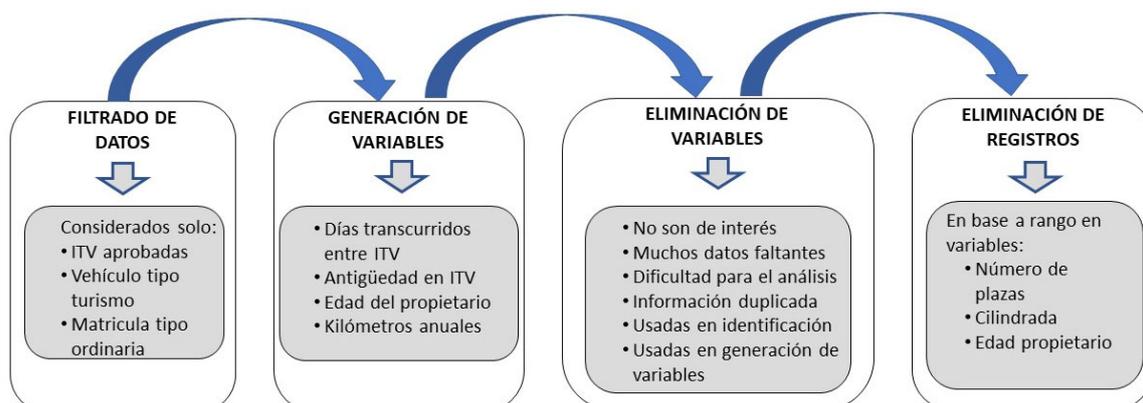


Figura 1: Metodología de preparación de los datos

3.2 Generación de variables

En este estudio se consideran cuatro variables de interés: días transcurridos entre ITV, la antigüedad del vehículo, los KV anuales y la edad del propietario, teniendo claro que el propietario registrado no será el conductor del vehículo en el 100% de los casos, pero se realiza la suposición razonable de que conductor y propietario coinciden en la mayoría de los casos. Las variables consideradas no se encuentran de manera directa en la base de datos, pero pueden ser estimadas partiendo de variables existentes.

Los días transcurridos entre ITV consecutivas, se establecen por la diferencia entre las fechas de revisión ITV y de la revisión ITV anterior, según Ecuación (1).

$$\text{Días transcurridos entre ITV} = \text{fecha de ITV} - \text{fecha de ITV anterior} \quad (1)$$

La antigüedad que tiene el vehículo, en el momento de pasar por ITV, se determinan por la diferencia entre las fechas de revisión ITV y de la primera matrícula registrada del vehículo, según Ecuación (2).

$$\text{Antigüedad del vehículo} = \text{fecha de ITV} - \text{fecha de primera matrícula} \quad (2)$$

La edad del propietario, en el momento de pasar por ITV, se establece por la diferencia entre las fechas de revisión ITV y de nacimiento del propietario, según Ecuación (3).

$$\text{Edad del propietario} = \text{fecha de ITV} - \text{fecha de nacimiento} \quad (3)$$

Para la determinación de los KV anuales que recorren los vehículos, se realiza la diferencia entre las lecturas de kilómetros registrada en la revisión ITV y en la revisión ITV anterior, este valor se lo divide entre los días transcurridos entre ITV, con lo que se tiene un valor de KV diario, que se lo multiplica por 365, para obtener los KV en términos anuales. Ver ecuación (4).

$$\text{KV anuales} = (\text{kilómetros en ITV} - \text{kilómetros en ITV anterior}) / \text{Días transcurridos entre ITV} \cdot 365 \quad (4)$$

3.3 Análisis exploratorio de la movilidad

A partir de la base de datos preparada (BD_tur11-15), se hace el seguimiento de los KV a través de los registros consecutivos de inspecciones ITV, que permitirá varios análisis (cumplimiento de normativa, estimación y/o predicción de kilómetros anuales por tipos de vehículos, caracterización de vehículos de uso intensivo, etc.) siendo el objetivo de este trabajo la caracterización de los kilómetros anuales de vehículos turismos según variables de interés.

Como señala (Wilson et al., 2013), no es factible un análisis a nivel de vehículos individuales, pero si es posible un estudio de la distribución del KV a nivel de población de vehículos y establecer relaciones con atributos del vehículo. En este trabajo se consideran datos de un período de tiempo relativamente corto (5 años).

Con base a la información disponible, se han establecido relaciones entre los KV anuales con atributos como la cilindrada, la tara, el número de plazas y la antigüedad, además de otros aspectos como la ubicación geográfica y la edad del conductor y además se han comparado la evolución temporal en los diferentes años del período 2011 – 2015.

3.4 Análisis Clúster

Siendo uno de los objetivos la obtención de la relación entre el KV anual de turismos con aspectos geográficos, se ha formulado la hipótesis que la movilidad sigue unos patrones espaciales además de los temporales. Para obtener los patrones espaciales se recurrió al

análisis clúster con el objetivo de encontrar grupos similares, pero que sean diferentes con las observaciones de otros grupos. El enunciado de la hipótesis es: hay diferencias entre las regiones del territorio español que se traducen en los KV anuales, caracterizados por los atributos de cilindrada, tara, antigüedad del vehículo y edad del conductor.

Para este propósito se utilizan algoritmos de minería de datos, que combina el método K-medias (K-means) con el método de agrupamiento jerárquico (hierarchical clustering), que evita especificar anticipadamente el número de agrupamientos (clústers).

4. RESULTADOS

La base de datos conformada ITV-Tur11-15 contiene ocho variables cuyos valores descriptivos se muestran en la Tabla 1.

Variable	Min	Max	Mean	S.D.
Cilindrada del motor (en cm ³)	852	6292	1765	384,12
Capacidad de ocupantes (variable discreta)	4	9	NA	NA
Edad del propietario (en años)	18	80	50,29	13,51
Días transcurridos entre ITV	201	3360	502,1	183,92
Provincia de matriculación (variable categórica)	NA	NA	NA	NA
Antigüedad del vehículo (en años)	1	39,96	12,37	4,20
Tara del vehículo (en kg)	620	2960	1219	224,85
Kilómetros recorridos anualmente	2000	39998	9754	5174,22

Tabla 1: Variables base de datos ITV-Tur11-15. Elaboración propia.

El análisis de la relación entre los KV anuales con la antigüedad de los vehículos, muestra un comportamiento similar al comparar los datos de los 5 años en estudio. Se observa que los vehículos recorren menos KV anuales con la antigüedad del vehículo, con un punto de inflexión en el rango de 4 a 6 años.

En la Figura 1 se puede apreciar que el punto de inflexión define dos comportamientos distintos en la movilidad de turismos: hasta 6 años de antigüedad y los de más de 6 años de antigüedad. La tasa de disminución de kilómetros medios anuales es mayor en los vehículos turismos más jóvenes que la que muestran los más antiguos. Además, los vehículos con antigüedad inferior a los 4 años, presentan aproximadamente el doble de KV en comparación a los que se encuentran el rango de 10 a 12 años, y aproximadamente el triple de KV que los vehículos con antigüedad superior a los 20 años.

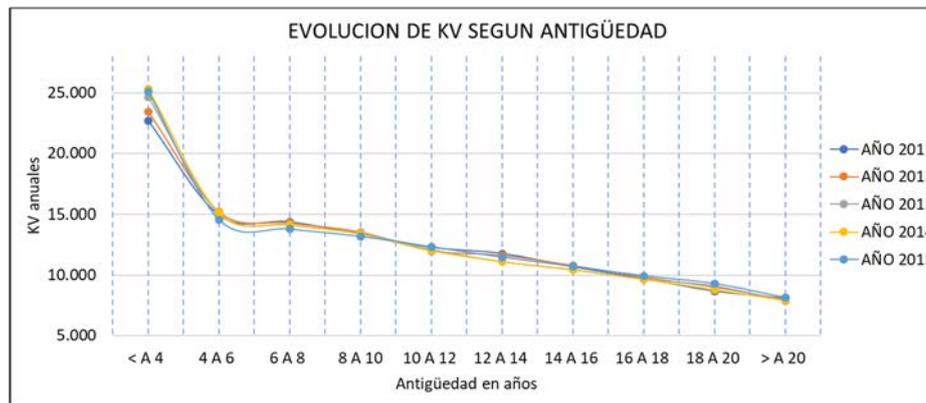


Figura 1: Evolución de los KV anuales según antigüedad del vehículo. Elaboración propia. Fuente: BD_tur11-15.

En la Figura 2, se muestra la relación entre la cilindrada de los vehículos y KV anuales y se observa que los vehículos con cilindrada superior a los 1600 cm³, son los que mayor KV presentan, siendo aproximadamente un 30% superior a los vehículos de cilindrada inferior a 1200 cm³, que muestran el menor valor medio de KV. Esta información es relevante y muestra un patrón de movilidad diferente según la composición del parque de turismo en los que a cilindrada se refiere. Según las estadísticas de matriculaciones publicadas (Dirección General de Tráfico, 2015), los vehículos de mayor cilindrada constituyen aproximadamente el 27% del parque de turismos y los vehículos de cilindrada en el rango de 1200 a 1600 cm³ representan aproximadamente el 54%.

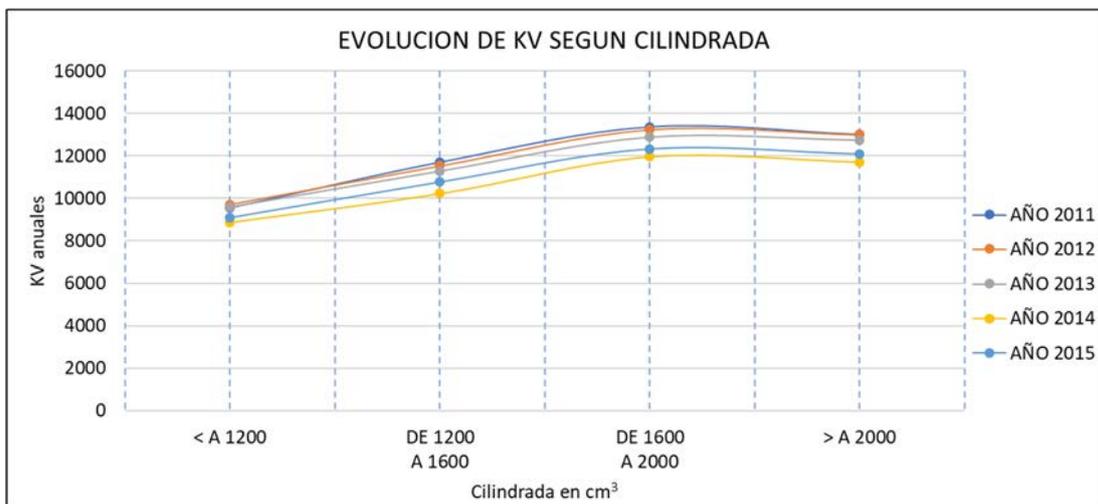


Figura 2: Evolución de los KV anuales según cilindrada del vehículo. Elaboración propia. Fuente: BD_tur11-15.

En la serie histórica han crecido más las matriculaciones de los vehículos más grandes, aunque en los últimos años se observa un repunte de los más pequeños cuyos cambios tecnológicos permiten obtener de éstos unas prestaciones notables. Ver Figura 3.

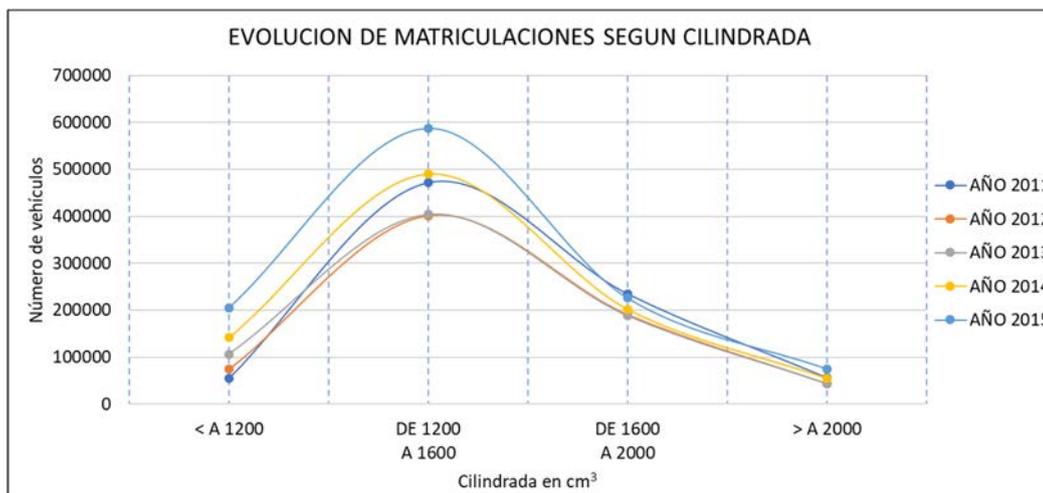


Figura 3: Evolución de matriculaciones según cilindrada. Elaboración propia. Fuente: DGT.

En la Figura 4 se muestra el resultado para la relación entre los KV anuales y la tara de los vehículos en los 5 años del estudio y se puede apreciar que los vehículos de tara más alta, son los que más KV presentan. Este resultado es lógico, considerando que los vehículos de tara más alta, presentan motores de mayor cilindrada y de mayor uso en grandes recorridos.

Se observa un comportamiento distinto entre los turismos según los intervalos definidos a partir de 2000 kg, en donde los registros de los vehículos de los años 2011 y 2012 indican una disminución de los KV con el aumento de la tara, en cambio los registros de los años 2013 y 2015 muestran un pequeño incremento que refleja de otra manera que la movilidad de los vehículos decrece con el factor edad del vehículo y requiere profundizar en el análisis de las relaciones subyacentes.

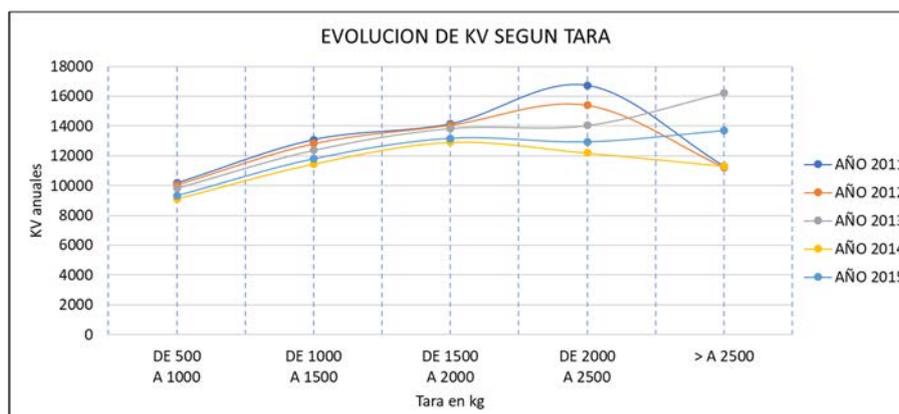


Figura 4: Evolución de KV anuales según tara del vehículo. Elaboración propia. Fuente: BD_tur11-15.

La relación de los KV anuales con la edad de los conductores, se muestra en la Figura 5. El patrón general que se puede extraer es que la movilidad de los conductores se reduce con la edad y este patrón tiene una tasa de cambio mayor a partir del rango de 55 a 60 años: los

conductores realizan alrededor de 1000 KV anuales menos, por cada incremento de 5 años. Los conductores en el rango de los 25 y 30 años muestran valores de KV ligeramente superiores a los demás y el resto hasta 60 años tienen patrones de movilidad similares.

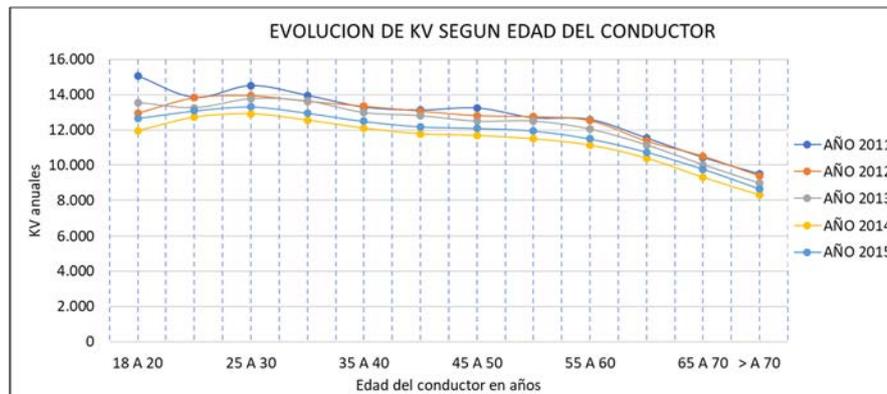


Figura 5: Evolución de KV anuales según edad del conductor. Elaboración propia. Fuente: BD_tur11-15.

En relación con la evolución de la obtención de permisos de conductores con la edad, el segmento más relevante es el que se encuentra en el rango de 35 a 40 años, que son aproximadamente 5 veces más que los conductores en las franjas más jóvenes y las de mayor edad y se corresponde con el grupo de conductores que tienen un comportamiento de movilidad muy parecido al resto de grupos de hasta 60 años de edad. Ver Figura 6.

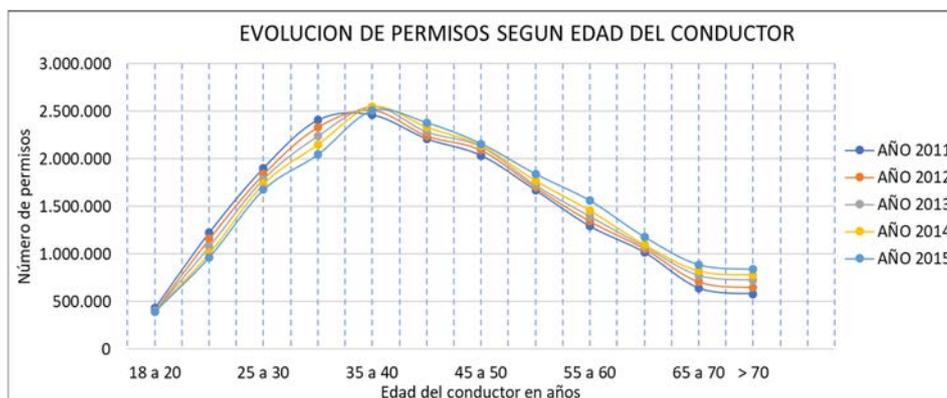


Figura 6: Evolución de conductores con permiso clase B. Elaboración propia. Fuente: Censo de conductores. DGT.

En lo que concierne al número de plazas, la Figura 7 permite observar que a medida que el vehículo tiene más plazas, más KV anuales presentan, es así que los vehículos de 9 plazas recorren alrededor de un 35% más de KV anuales, en comparación con los vehículos de 4 plazas, y un 20% más que los vehículos de 5 plazas.

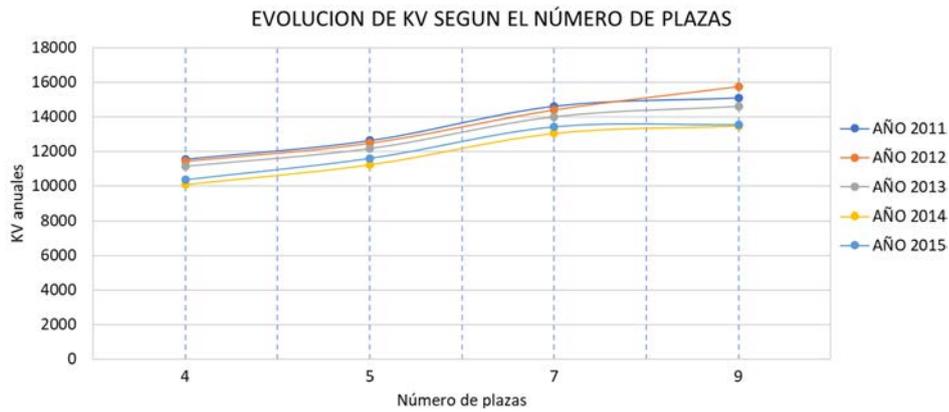


Figura 7: Evolución de KV según el número de plazas. Elaboración propia. Fuente: BD_tur11-15.

Si se asume que los vehículos de mayor número de plazas se utilizan en desplazamientos fuera de los centros urbanos, se puede justificar este resultado. Los vehículos de 5 plazas, representan el 90% del parque de turismos, pero son los vehículos que tienen más de 5 plazas los recorren más KV anuales, según los registros de ITV.

Para el estudio de la movilidad por regiones, a través del análisis clúster, en primer lugar, se aplica el agrupamiento jerárquico para generar un árbol, utilizando el método de “euclidean distance” para medir de similitud entre las observaciones.

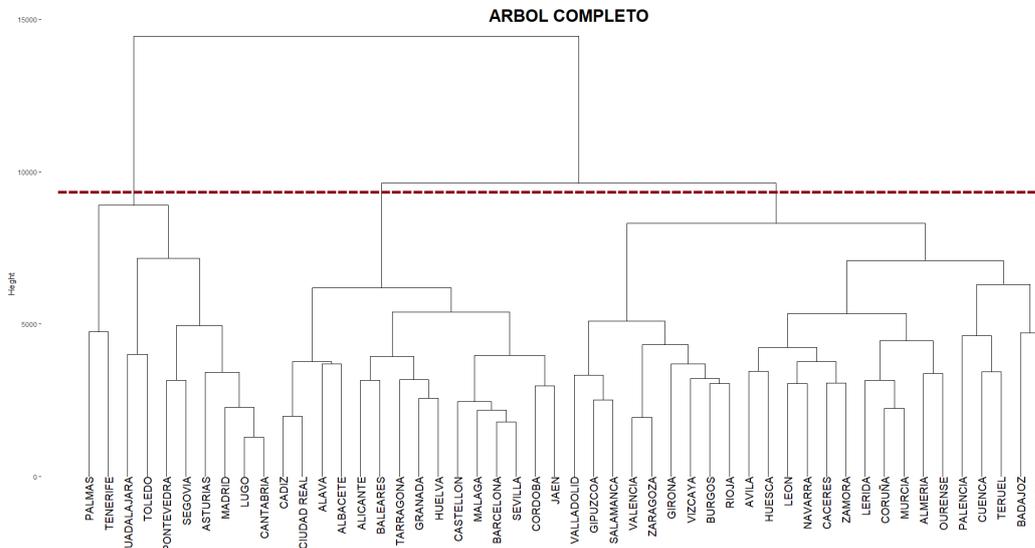


Figura 8: Árbol jerárquico generado con datos de KV de las provincias de España. Fuente: BD_tur11-15.

Para medir la diferencia entre grupos de observaciones, se utiliza el método “complete linkage clustering”, el cual calcula todas las diferencias en pares, entre los elementos del grupo 1 y los elementos del grupo 2, y toma en cuenta el máximo valor de estas diferencias, como la distancia entre los grupos, tendiendo a producir grupos más compactos. El árbol

Para una mejor comprensión de estos resultados, la Figura 10 muestra la correspondencia geográfica de los agrupamientos de provincias obtenidos en los clústeres, pudiendo observar lo que se detalla a continuación:

- Las provincias incluidas en el clúster 1, geográficamente se encuentran formando tres agrupamientos de provincias colindantes, un grupo formado por las provincias de Vizcaya, Álava y La Rioja; un segundo grupo formado por las provincias de Castellón, Tarragona y Barcelona; y un tercer grupo formado por las provincias de Badajoz, Ciudad Real, Albacete, Alicante, más las provincias de la Comunidad Autónoma de Andalucía, con la excepción de Almería.
- En el segundo clúster se sitúan las provincias de Cáceres, Valencia, Ourense, Guipúzcoa, Navarra, Cuenca, más las provincias pertenecientes a las Comunidades Autónomas de Aragón y de Castilla y León, con la excepción de la provincia de Segovia.
- Las provincias incluidas en el tercer clúster, muestran dos agrupamientos de provincias colindantes, un primer grupo formado por las provincias de Pontevedra, La Coruña, Asturias y Cantabria, que son provincias de la costa norte del país; y un segundo grupo, formado por las provincias Segovia, Guadalajara, Madrid y Toledo, en el centro del país. Además, se puede observar que las islas de Palmas y Tenerife, también se incluyen en este clúster.

Considerando que los niveles de movilidad que presenta una región, está relacionada con la riqueza de la misma, se ha relacionado los agrupamientos obtenidos, con el PIB per cápita de las diferentes zonas del país (Instituto Nacional de Estadística, 2015), encontrando las siguientes relaciones relevantes:

- Las provincias pertenecientes al clúster 1, de la zona sur del país, pertenecen a las comunidades autónomas de Andalucía, Extremadura, Valenciana y Castilla La Mancha, teniendo un PIB per cápita inferior a 18.500 Euros/habitante, con excepción de la provincia de Alicante que pertenece a la comunidad Valenciana, con un PIB superior a 20.500 Euros/habitante y las pertenecientes a Cataluña con un PIB superior a los 27.500 Euros/habitante.
- Las provincias que forman parte del segundo clúster, en su mayoría forman parte de comunidades autónomas que tienen un PIB superior a 18.000 Euros/habitante, con excepción de Cáceres y Almería, las cuales pertenecen a comunidades autónomas con PIB de 16.000 Euros/habitante y 17.000 Euros/habitante, respectivamente.
- Las provincias incluidas en el clúster 3, ubicadas al norte del país, se distribuyen entre las comunidades autónomas de Galicia, Cantabria y Asturias, las mismas que tiene un PIB per cápita similar, alrededor de 20.500 Euros/habitante. Las provincias del centro del país constan de Madrid (PIB superior a los 31.000 Euros/habitante) y de las provincias de Guadalajara, Toledo y Segovia, pertenecientes a comunidades autónomas con PIB inferior a los 21.000 Euros/habitante.

Los niveles de movilidad de los clústeres establecidos, se representan por el valor de la media de los KV anuales; en la Tabla 2 se muestra la relación con la cilindrada del motor, en la Tabla 3 se muestra la relación con la tara del vehículo, y en la Tabla 3 y Tabla 4, se muestra la relación con la edad del propietario y la edad del vehículo, respectivamente.

CLUSTER	RANGOS DE CILINDRADA EN cm ³			
	MENOR_A1200	DE1200_A1600	DE1600_A2000	MAYOR_A2000
1	8135	9655	11569	11449
2	8247	10170	12272	12221
3	9656	11554	13186	12713

Tabla 2: Media de KV anuales de los clústeres con relación a la cilindrada. Elaboración propia.

CLUSTER	RANGOS DE TARA EN kg			
	HASTA1000	DE1000_A1500	DE1500_A2000	DE2000_2500
1	8349	10998	12402	11985
2	8709	11753	13330	13175
3	10094	12772	13824	14367

Tabla 3: Media de KV anuales de los clústeres con relación a la tara. Elaboración propia.

CLUSTER	EDAD DEL PROPIETARIO EN AÑOS								
	18 a 20	20 a 25	25 a 30	30 a 35	35 a 40	40 a 45	45 a 50	50 a 55	55 a 60
1	8363	12441	12422	11984	11457	11126	11016	11081	10675
2	8931	13518	13657	13254	12353	12097	11929	11740	11342
3	9731	14240	14103	13891	13349	13138	12983	12815	12256

Tabla 4: Media de KV anuales de los clústeres con relación a la edad del propietario. Elaboración propia.

CLUSTER	ANTIGÜEDAD DEL VEHÍCULO EN AÑOS								
	< 6	6 a 8	8 a 10	10 a 12	12 a 14	14 a 16	16 a 18	18 a 20	>20
1	15391	13369	12656	11465	10669	9999	9129	8363	7449
2	15644	14470	13783	12381	11582	10817	9839	8931	7847
3	16174	14861	14047	13015	12120	11392	10676	9731	8427

Tabla 5: Media de KV anuales de los clústeres con relación a la antigüedad del vehículo. Elaboración propia.

Al examinar los valores de KV anuales presentados, se observa en el clúster 1, los valores más bajos de KV y en el clúster 3 los valores más altos de KV, lo cual va en concordancia con los valores del PIB per cápita, indicados anteriormente.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de la metodología de preparación de los datos, ha permitiendo contar con una base (BD_tur11-15) apropiada para aplicación en los análisis de movilidad, así como establecer variables de interés que no se encontraban registradas de manera directa.

A través de un análisis exploratorio de la movilidad, utilizando estadística descriptiva, se ha establecido la existencia de patrones de movilidad (representada por los KV anuales) con la edad del conductor y con los atributos del vehículo: antigüedad, cilindrada, tara, número de plazas.

El uso de minería de datos, a través del método de agrupamiento jerárquico combinado con K-medias, y considerando la forma en la que se reparten los KV anuales por los atributos del vehículo, en las diferentes provincias de España, ha permitido establecer 3 grupos de provincias, estos grupos además se encuentran distribuidos geográficamente en bloques de provincias colindantes y se observa coincidencia con los valores de PIB per cápita de las diferentes regiones.

Los resultados muestran información relevante, de interés en estudios de movilidad, con una metodología de análisis, que puede ser aplicada a otros tipos de vehículos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del programa de doctorado de la UPM en el Instituto Universitario de Investigación del Automóvil Francisco Aparicio Izquierdo (INSIA-UPM) adscrito a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. El primer autor agradece a la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca (Ecuador), que brinda el marco para la realización de estancias para el desarrollo de su tesis doctoral en la UPM. Los autores agradecen a la Dirección General de Tráfico el acceso a los datos del paso de los vehículos por las Inspecciones Técnica de Vehículos y a la Comunidad de Madrid por la financiación parcial a través del programa SEGVAUTO 4.0-CM (P2018/EMT-4362), para la difusión de los resultados.

REFERENCIAS

- DIRECCION GENERAL DE TRÁFICO. (2011). Oposiciones. <http://www.dgt.es/es/la-dgt/empleo-publico/oposiciones/2011/temario-parte-general-convocatoria-2011.shtml>
- DIRECCION GENERAL DE TRÁFICO. (2015). Tablas estadísticas. <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/matriculaciones-definitivas/tablas-estadisticas/>

GÓNGORA, J. (2012). Indicador Kilómetros- Vehículo Recorridos (KVR). [Http://Mexico.Itdp.Org/Wp-Content/Uploads/MedicionKVR.Pdf](http://Mexico.Itdp.Org/Wp-Content/Uploads/MedicionKVR.Pdf).

HASTIE, T., TIBSHIRANI, R., & FRIEDMAN, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning*. In Springer-Verlag New York. Springer-Verlag New York.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, I. (2015). España en cifras 2016. https://www.ine.es/prodyser/esp_cifras/2016/files/assets/common/downloads/publication.pdf?uni=4f7e7b429c56ccbc4bf56b3e93ebc47b

TRANSPORT DIVISION. (2007). *Handbook on Statistics on Road Traffic: Methodology and Experience*. June. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2007/wp6/handbook_final.pdf

WILSON, R. E., CAIRNS, S., NOTLEY, S., ANABLE, J., CHATTERTON, T., & MCLEOD, F. (2013). Techniques for the inference of mileage rates from MOT data. *Transportation Planning and Technology*, 36(1), 130–143.