

04-027

Proposal of formulation for the study of costs of private use of the vehicle versus car sharing

Mauro Manuel Gil Borreguero; Salvador Capuz Rizo

Universitat Politècnica de València

The purpose of this communication is to propose a formulation to obtain the total cost for the owner of a motor vehicle in the case of a private vehicle, or the total cost to the user in the case of shared vehicles. The different characteristics of use and the type of fuel used will be taken into account.

Regarding the use in ownership of the vehicle, the different components that affect the cost are studied, such as: Vehicle purchase, taxes and insurance, parking space, fuel consumption and maintenance. Also, the components that affect the cost are studied in case of hiring the services of a car sharing company.

The developed cost model will allow in a later work to make a comparison between different typologies of vehicle use, (purchase and car sharing mainly).

Keywords: car sharing; cost model; vehicles; formulation

Propuesta de formulación para el estudio de costes del uso privado del vehículo frente al uso compartido del mismo

El objeto de esta comunicación consiste en la propuesta de una formulación con la que se obtenga el coste total para el propietario de un vehículo automóvil en el caso de vehículo privado, o el coste total para el usuario en caso de vehículos de uso compartido. Se tendrán en cuenta las diferentes características de uso y el tipo de combustible utilizado.

En cuanto al uso en propiedad del vehículo se estudian los diferentes componentes que afectan al coste, como son: Compra del vehículo, impuestos y seguros, plaza de garaje, consumo de combustible y mantenimiento del mismo. Asimismo, se estudian los componentes que afectan al coste en caso de contratar los servicios de una empresa de car sharing.

El modelo de costes desarrollado permitirá en un trabajo posterior realizar una comparación entre diferentes tipologías de utilización del vehículo, (compra y car sharing principalmente).

Palabras clave: uso compartido de vehículos; modelo de costes; vehículos; formulación

Correspondencia: Mauro Manuel Gil Borreguero maugilbo@gmail.com



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1. Introducción

El objeto de esta comunicación consiste en proponer una formulación con la que se obtenga el coste total para el propietario de un vehículo automóvil en el caso de vehículo privado, o el coste total para el usuario en caso de vehículos de uso compartido (car sharing). Se tendrán en cuenta las diferentes características de uso y el tipo de combustible utilizado.

En cuanto al uso en propiedad del vehículo se estudian los diferentes componentes que afectan al coste, como son: Compra del vehículo, impuestos y seguros, plaza de garaje, consumo de combustible y mantenimiento del mismo, teniendo en cuenta diferentes escenarios. Asimismo, se estudian los componentes que afectan al coste en caso de contratar los servicios de una empresa de car sharing.

Estos modelos de costes que se desarrollan permiten realizar comparaciones entre diferentes tipologías de utilización de vehículos: compra en propiedad y car sharing.

2. Análisis de costes del uso del vehículo privado

Se consideran tres tipos de costes económicos debido a:

- Coste financiero
- Costes fijos
- Costes variables

2.1. Coste financiero

El coste financiero no es un coste explícito o contractual sino que se trata del coste de oportunidad del capital de la compra del vehículo. Esto es, la mejor inversión de dicho capital que no se ha realizado.

$$C_{fin} = i * \left(\frac{P_c * (1 + i)^n - P_r}{(1 + i)^n - 1} \right) \quad (1)$$

Donde:

i: tipo de interés en tanto por uno.

n: Número de años que se estima que va a utilizar el vehículo. Se estima en 7 años (INE, 2008)

P_c: Precio de compra del vehículo.

P_r: Precio de reventa del vehículo en el mercado de segunda mano.

El tipo de interés que se le aplica se debe al coste de oportunidad de los beneficios generados si se hubiera invertido dicho dinero en la alternativa más rentable en lugar de realizar la compra del vehículo. Se considera el interés de la Deuda Pública a 7 años (4,5% anual).

Para obtener el precio de reventa del vehículo se puede utilizar la tabla del BOE de 17 de diciembre de 2016 en el anexo IV que indica los porcentajes de valoración en función de los años de uso de vehículos de turismo, a efectos del cálculo del impuesto de transmisiones.

2.2. Costes fijos

Los costes fijos son aquellos en los que se incurre independiente del uso que se le dé al vehículo. Se consideran los más relevantes:

- Costes del seguro
- Coste de la plaza de garaje

- Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica (IVTM)
- Impuesto de Matriculación
- Inspección Técnica de Vehículos (ITV)
- Coste del auto lavado

La fórmula de los costes fijos es la siguiente:

$$C_f = \frac{2 * Str + So * (n - 2)}{n} + Pg + \frac{Im}{n} + IVTM + \frac{n^o ITV * ITV}{n} + Cl \quad (2)$$

Donde:

- Str:** Precio anual del seguro a todo riesgo con asistencia en carretera
So: Precio anual del seguro a terceros con asistencia en carretera
n: Número de años que se va a utilizar el vehículo
Pg: Precio anual del alquiler de una plaza de garaje
Im: Coste del impuesto de matriculación
IVTM: Coste anual del Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica
n^oITV: Número de inspecciones que pasará el coche durante su uso.
ITV: Coste promedio de la Inspección Técnica de Vehículos
Cl: Coste promedio anual del auto lavado en función del tipo de vehículo

2.2.1. Coste del seguro

En la fórmula se considera que al tratarse de un vehículo nuevo, los dos primeros años el seguro contratado será a todo riesgo mientras que los años restantes de vida del vehículo el seguro contratado únicamente cubre a terceros con asistencia en carretera, al ser el tipo de seguro más habitual.

En España, el coste promedio del seguro anual de las principales aseguradoras en el periodo comprendido entre 2014 a 2016 es de 371,59 € con cobertura a terceros y de 1.218,22 € con cobertura a todo riesgo. Se han obtenido estos valores a partir del Trabajo Final de Máster (El autor del artículo), que se ha basado en datos de seguros de automóvil comparando en páginas web de 20 compañías aseguradoras. Sustituyendo estos valores en el sumando de la fórmula, el coste anual considerando 7 años de utilización del vehículo es de 613,48 €/año.

2.2.2. Coste de la plaza de garaje

Para calcular el alquiler de una plaza de garaje, se ha obtenido el coste promedio que supondría su compra a partir del coste en las capitales de provincia españolas (el confidencial). Aunque el precio es muy dispar en función de la ciudad, el promedio es de 27.617,76 €.

Utilizando la fórmula propuesta (3), considerando un periodo de retorno de 50 años y teniendo en cuenta que la rentabilidad anual de este tipo de inmuebles para el propietario de la misma es como mínimo del 2,1%, el coste mensual promedio es de 131,41 €/mes.

$$C_f = C_i * \left(1 + \frac{i}{100 * n}\right)^{n * t} \quad (3)$$

Donde:

- Ci:** Capital inicial
i: tasa de interés
n: número de pagos anuales
t: número de años considerados

2.2.3. Impuesto sobre vehículos de tracción mecánica

El Impuesto sobre vehículos de tracción mecánica (IVTM) es un impuesto directo que grava la propiedad de vehículos a motor aptos para circular por la vía pública, de manera independiente de su clase y naturaleza. Este impuesto se tiene que establecer de manera obligatoria por los ayuntamientos, órganos encargados de la gestión, inspección y recaudación del impuesto. Se paga anualmente.

La cesión a los ayuntamientos se realiza mediante la Ley de Haciendas Locales y es uno de los ingresos tributarios con relativo peso específico dentro de los presupuestos municipales, además del impuesto de bienes inmuebles y los impuestos relativos a la construcción.

Según el Artículo 95 del Real Decreto 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley reguladora de las Haciendas Locales, el cuadro de tarifas del Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica para turismos es el siguiente:

Tabla 1: Cuota del Impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica. (R.D. 2/2004)

TURISMOS	Cuota (€)
De menos de 8 caballos fiscales	12,62
De 8 hasta 11,99 caballos fiscales	34,08
De 12 hasta 15,99 caballos fiscales	71,94
De 16 hasta 19,99 caballos fiscales	89,61
De 20 caballos fiscales en adelante	112,00

Los caballos fiscales son una medida que indica la carga impositiva a aplicar, y para su cálculo se utilizan las fórmulas del el Anexo V del Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. Antaño las fórmulas del caballo fiscal para los automóviles estaban relacionadas con la potencia del motor. La cuota tributaria depende de la clase de vehículo de que se trate. En automóviles se utiliza la potencia fiscal para modular el gravamen.

La fórmula para calcular la potencia fiscal únicamente depende de la cilindrada total y el número de cilindros, por lo que, en relación a los caballos reales, penaliza a los motores atmosféricos frente a los sobrealimentados, ya sean de gasolina o gasóleo.

$$Pf = T * \left(\frac{C}{N}\right)^{0,6} * N \quad (4)$$

Donde:

T: coeficiente 0,08 para motores de 4 tiempos, 0,11 para motores de 2 tiempos

C: Cilindrada total del motor (cm³)

N: número de cilindros

2.2.4. Impuesto de matriculación

El impuesto de matriculación es un gravamen que se paga al adquirir un coche nuevo o un usado que se matricule por primera vez en España. El pago se realiza una sola vez. Actualmente depende del nivel de emisiones de CO₂ que emita a la atmósfera, aunque sería más justo que se tuvieran en cuenta todos los contaminantes que emite un automóvil.

Los vehículos cuyas emisiones de CO₂ homologadas por el fabricante no superan los 120 g/km están exentos del pago de este impuesto. El resto de vehículos pagan, en función de su nivel de CO₂, hasta el 14,75% de su base imponible, es decir, su precio antes de aplicar impuestos (precio franco fábrica y transporte).

La tasa del impuesto de matriculación se divide en cuatro tramos:

Tabla 2: Tasa del impuesto de matriculación según nivel de emisiones (Agencia Tributaria)

DESDE	HASTA	IMPUESTO
0 g/km CO ₂	120 g/km CO ₂	0%
120 g/km CO ₂	160 g/km CO ₂	4,75%
160 g/100 km CO ₂	200 g/km CO ₂	9,75%
200 g/km CO ₂	-	14,75%

2.2.5. Inspección Técnica de Vehículos (ITV)

La Inspección Técnica de Vehículos (ITV) es un tipo de mantenimiento legal preventivo de vehículos que se debe realizar de manera periódica por un ente certificador, el cual verifica el cumplimiento de las normas de seguridad y emisiones contaminantes que le sean aplicables.

En España, las estaciones de ITV son concesiones administrativas de carácter autonómico, por lo en cada comunidad autónoma son aplicables distintas tarifas.

Estas tarifas dependen de la clase del vehículo de la que se trate. La clasificación de los distintos tipos de vehículos está establecida en el Reglamento General de Vehículos aprobado por el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre. Según dicho Real Decreto, los turismos se encuadran dentro de los Vehículos de Tipo 2.

Además, las tarifas aplicadas son diferentes según el tipo de motor y si el vehículo incorpora o no catalizador. Aunque desde el año 1992 con la norma Euro 1, los fabricantes de vehículos deben incorporar catalizador en todos sus modelos. La nomenclatura utilizada es la siguiente:

- MEP: vehículo con motor de combustión interna de encendido provocado (gasolina) equipado con sistema de control de emisiones.
- MEC: vehículo con motor de combustión interna de encendido por compresión (gasóleo).

Dado que las tarifas son distintas en cada Comunidad Autónoma, se han estudiado los precios actualmente en vigor en las 17 autonomías y las 2 ciudades autónomas (El autor del artículo).

El coste promedio de la Inspección Técnica de Vehículos es de 42,77 € para un vehículo con motor Diesel y de 35,09 € para un vehículo de motor Otto.

La periodicidad con la que se debe realizar esta inspección es cada 2 años si un vehículo tiene una antigüedad de 4 a 10 años, anual si el vehículo tiene una antigüedad mayor a 10 años, y están exentos de inspección los vehículos con menos de 4 años de antigüedad.

2.2.6. Coste del auto lavado

Dado que los precios del lavado exterior e interior de un vehículo mediante túnel de auto lavado son muy variables y dependen sobre todo de los precios de la competencia a nivel local además de su ubicación, se han tomado precios de 7 empresas de auto lavado situadas en diferentes puntos de España, con objeto de disponer de datos representativos. Entre las muchas opciones de calidad de lavado disponible, se han tomado únicamente las básicas sin aclarado ni encerado.

Dichas empresas aplican precios diferentes según cuatro categorías de vehículos: Pequeño de 3 puertas, mediano de 5 puertas, monovolumen, y furgoneta. También varían los precios si se trata de lavado exterior, lavado interior, o lavado exterior e interior.

Se ha considerado un lavado exterior mensual, un lavado interior semestral, además de un lavado interior y exterior anual, siendo los precios promedio de 175,17 €/año para los vehículos de 3 puertas, 193,33 €/año para vehículos de 5 puertas, 208,33 €/año para monovolúmenes y 235,25 €/año para furgonetas (El autor del artículo).

2.3. Costes variables

Los costes variables son aquellos que dependen del número de kilómetros recorridos. La fórmula que se va a utilizar para calcular los costes variables es la siguiente:

$$Cv = \frac{Cm * Pc * Km}{100} + Ra + \frac{N * 4 * Km}{d} \quad (5)$$

Donde:

Cm: Consumo medio de combustible en litros/100 km

Pc: Precio del combustible en €/litro

Km: Número de kilómetros recorridos al año

Ra: Coste medio anual de las revisiones de mantenimiento

N: Precio de un neumático

d: Duración de los neumáticos en km

2.3.1. Consumo de combustible

En este apartado se establece un precio promedio del combustible aplicable en la fórmula anterior. Se tomará a efectos de cálculo el promedio de los precios entre 2011-2016. Además se considerará en el cálculo posterior un consumo medio de combustible.

Tabla 3: Precio promedio de los carburantes 2011-2016. (El autor del artículo)

	Gasolina 98	Gasolina 95	Gasóleo A+	Gasóleo A
Promedio 2011-2016	1,448 €/L	1,331 €/L	1,305 €/L	1,242 €/L

2.3.2. Coste de las revisiones de mantenimiento

Se han tenido en cuenta todas las revisiones necesarias hasta los 150.000 km de uso de cada uno de los modelos estudiados, mediante base de datos en página web. Los resultados obtenidos para cada modelo se encuentran en el Trabajo Final de Máster (El autor del artículo)

2.3.3. Coste de los neumáticos

Para obtener el precio de un neumático medio se ha tomado como punto de partida el análisis de neumáticos realizado por la OCU en Abril de 2014. En dicho estudio se analizan 26 neumáticos diferentes, 13 de la medida 175/65 R14 T, utilizados habitualmente en vehículos urbanos, y otros 13 de la medida 195/65 R15 V correspondientes a vehículos medianos.

En dicho estudio se realizan distintas pruebas:

- **En seco:** Se comprueba la distancia de frenado sobre suelo seco de 100 a 0 km/h, la estabilidad del coche a 150 km/h y en curvas, y a máxima velocidad.
- **En mojado:** Se mide la distancia de frenado en condiciones que simulan lluvia continuada o la respuesta en situaciones de aquaplaning.
- **Duración:** Desgaste tras pasar por un banco de pruebas y distintos tipos de asfalto.
- **Ruido:** Decibelios en el interior y exterior del habitáculo creados por la rodadura del coche a la velocidad de 80 km/h.

Se han ponderado cada uno de estos factores con distintos pesos, siendo el comportamiento en seco y la duración los más influyentes. También se han asignado valores cuantitativos en una escala de 10 a 50 ya que en el análisis de la OCU daba valores cualitativos a los factores. De esta forma se han podido comparar numéricamente los neumáticos en base a su calidad respecto del precio.

Según los resultados, el mejor neumático de la medida 175/65 R 14 T tiene un precio medio de 70 €, y el mejor neumático de la medida 195/65 R 15 V tiene un precio medio de 83 €.

Para calcular el coste anual, se ha supuesto que se realiza un cambio de neumáticos cada 30.000 km aproximadamente. Sin considerar los neumáticos que lleva montados de origen, y teniendo en cuenta el cambio realizado a los 150.000 km, se realizarán 5 cambios de neumáticos durante la fase de uso del vehículo.

2.4. Coste total

La fórmula del coste total como suma de coste financiero, costes fijos y variables es la siguiente:

$$C = i * \left(\frac{Pc * (1 + i)^n - Pr}{(1 + i)^n - 1} \right) + \frac{2 * Str + So * (n - 2)}{n} + Pg + \frac{Im}{n} + IVTM + \frac{n^{\circ}ITV * ITV}{n} + Cl + \frac{Cm * Pc * Km}{100} + Ra + \frac{N * 4 * Km}{d} \quad (6)$$

Donde:

i: tipo de interés en tanto por uno.

n: Número de años que se estima que va a utilizar el vehículo. Se estima en 7 años.

Pc: Precio de compra del vehículo.

Pr: Precio de reventa del vehículo en el mercado de segunda mano.

Str: Precio anual del seguro a todo riesgo con asistencia en carretera

So: Precio anual del seguro a terceros con asistencia en carretera

n: Número de años que se va a utilizar el vehículo

Pg: Precio anual del alquiler de una plaza de garaje

Im: Coste del impuesto de matriculación

IVTM: Coste anual del Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica

n° ITV: Número de inspecciones que pasará el coche durante su uso.

ITV: Coste promedio de la Inspección Técnica de Vehículos

Cl: Coste promedio anual del autolavado en función del tipo de vehículo

Cm: Consumo medio de combustible en litros/100 km

Pc: Precio del combustible en €/litro

Km: Número de kilómetros recorridos al año

Ra: Coste medio anual de las revisiones de mantenimiento

N: Precio de un neumático

d: Duración de los neumáticos en km

En la tabla siguiente se desglosan los costes para cada modelo de vehículo estudiado en un escenario de costes normal, es decir: Uso del vehículo durante 7 años, 150.000 km recorridos, frecuencia de lavado según el apartado 2.2.6, consumo medio de combustible, mantenimiento realizado en el servicio oficial, y duración de los neumáticos de 30.000 km.

Tabla 4: Coste financiero, costes fijos y variables para cada modelo de vehículo. Elaboración propia (El autor del artículo)

	B 180 CDI	C 180 Berlina	CLA 180 Coupé	Golf 5p Concept line 1.4	Golf 5p Concept line 1.9 TDI	Variant Advance 1.4 TSI DSG	Golf 3p BlueMotion 1.6 TDI
Coste financiero	3979,53	4757,91	4309,75	1937,67	2619,01	3465,32	3106,80
Seguro				613,48			
Plaza garaje				131,41			
IVTM	71,94	34,08	34,08	34,08	71,94	34,08	34,08
Impuesto Matriculación	1402,44	0,00	1518,81	682,86	922,97	0,00	0,00
ITV	42,77	35,09	35,09	35,09	42,77	35,09	42,77
Auto lavado	193,33	193,33	193,33	175,17	175,17	175,17	175,17
Consumo Combustible	1118,04	998,25	1098,08	1277,76	1024,65	1018,22	633,42
Mantenimiento	538,12	282,12	246,83	286,25	356,96	245,26	246,19
Coste Neumáticos	237,14	237,14	237,14	200,00	200,00	200,00	200,00

3. Análisis de costes de las empresas de car sharing

El coste del servicio de las empresas de car sharing queda determinado por la suma de tres factores:

- Coste horario
- Coste por kilometraje
- Cuota de socio

El coste horario y el coste por kilometraje dependen parcialmente del tipo de contrato. Suele ser un abono mensual, semestral o anual. Por otra parte estos costes dependen también de la gama de vehículos a los que se acceda. Normalmente las empresas disponen de automóviles de uso urbano, monovolúmenes y furgonetas.

3.1. Coste horario

En el numerador de la fórmula aparece la tarifa seleccionada por el cliente. Esta tarifa depende por una parte del tipo de abono seleccionado previamente (mensual, semestral, anual). Además también depende de la clase de vehículos a los que se puede acceder (Vehículo urbano, monovolumen o furgoneta).

Por último, también depende del tipo de reserva realizada, es decir que tiene distinto coste si la reserva se realiza por horas o para un día entero.

En el denominador aparece el sumatorio de velocidades promedio (en vías urbanas, carretera y autopista) multiplicado por el % de trayectos realizados en cada tipo de vía. Según el tipo de usuario, éste realizará un porcentaje de trayectos diferente en vías urbanas que en interurbanas.

Finalmente se multiplica por los kilómetros que se recorren anualmente, según el escenario tomado en consideración.

$$\text{Coste horario (€)} = \frac{Ch_{i,j} \text{ (€/h)}}{\sum_{j=1}^{j=n} [L_{i,j} * v_i] \text{ (km/h)}} * D \text{ (km)} \quad (7)$$

Donde:

$Ch_{i,k}$: Coste horario promedio de la gama de vehículos i , abono contratado k en €/h

$L_{i,j}$: Porcentaje de trayectos según la gama de vehículos seleccionada i , y longitud máxima del trayecto j

v_j : Velocidad promedio en función de la longitud máxima del trayecto j

Tabla 5: Tarifa horaria (en €/h) promedio de las empresas Bluemove, Respiro y Avancar. (El autor del artículo)

BLUEMOVE				RESPIRO					AVANCAR			
	Mensu- al	Anual	Zero		Basic	Start	Plus	Ocasio- nal		Light	Smart	Star
Eco	2,25	2,65	4,70	Eco	2,25	3,51	2,25	4,78	L- J V- D	7,00	5,00	4,00
Cool	2,75	3,15	5,15	Flex	3,06	6,05	3,26	6,05		8,00	6,00	5,00
Comfort	3,25	3,65	5,60	Trans	5,23	6,11	5,63	7,45				
Plus	4,90	5,35	6,60									

3.2. Coste por kilometraje

El coste por kilómetro depende en primer lugar del tipo de abono seleccionado (mensual, semestral, anual, etc.) de manera que una vez que el usuario contrata una tarifa, el coste por kilómetro es distinto.

Por otra parte depende de la longitud recorrida en cada trayecto, a mayor longitud recorrida generalmente el coste por kilómetro es menor. Esta longitud recorrida está tramificada de manera diferente por cada empresa de vehículos de car sharing. La fórmula del coste por kilometraje es la siguiente:

$$\text{Coste kilometraje (€)} = \sum_{j=1}^{j=n} [L_{i,j} * Ckm_{i,j}] (\text{€/km}) * D(\text{km}) \quad (8)$$

Donde:

$L_{i,j}$: Porcentaje de trayectos según la gama de vehículos seleccionada i , y longitud máxima del trayecto j

$Ckm_{i,j}$: Coste por kilómetro de la gama i , trayecto de longitud máxima j en €/km

D : kilómetros recorridos anualmente en un escenario dado

Tabla 6: Coste por kilometraje (en €/km) empresas Bluemove, Respiro y Avancar. (El autor del artículo)

BLUEMOVE				RESPIRO					AVANCAR			
	Mensual	Anual	Zero		Basic	Start	Plus	Ocasional		Light	Smart	Star
0 a 100	0,28	0,28	0,28	0 a 20	0,25	0,00	0,00	0,25	0 a 80	0,00	0,00	0,00
>100	0,16	0,16	0,16	21 a 120	0,25	0,25	0,25	0,25	>80	0,25	0,25	0,25
				>120	0,20	0,13	0,16	0,20				

3.3. Cuota de socio

La cuota de socio es independientemente del tipo de vehículo seleccionado, y su única utilidad es la fidelización de clientes. Por ello solo depende del abono contratado. La cuota de socio es mayor para abonos de menor duración, aunque hay abonos sin cuota de socio. Esta cuota representa un coste muy bajo respecto del coste total (en torno al 2%).

Tabla 7: Cuota de usuario (en €/año) de las empresas Bluemove, Respiro y Avancar. (El autor del artículo)

BLUEMOVE				RESPIRO				AVANCAR		
	Mensual	Anual	Zero	Basic	Start	Plus	Ocasional	Light	Smart	Star
Cuota	60	25	0	70	50	144	0	12	60	180

3.4. Coste total

En la formulación, el coste total del servicio de car sharing es la suma de los tres factores: coste horario, coste por kilómetro y cuota de socio. Además se debe incluir una variable binaria “Y”, según la gama de vehículos decidida en un principio por el cliente. El coste total queda determinado por:

$$Coste\ total = \sum_{G=1}^{G=n} Y_G * \left(\frac{Ch_{i,j}}{\sum_{j=1}^{j=n} [L_{i,j} * v_i]} * D + \sum_{j=1}^{j=n} (L_{i,j} * Ckm_{i,j}) * D + Cs_k \right) \quad (9)$$

Donde:

Y_G : Gama de vehículos decidida. Solamente puede tomar el valor 0 ó el 1.

$Ch_{i,k}$: Coste horario de la gama de vehículos i , abono contratado k en €/h

$L_{i,j}$: Porcentaje de trayectos según la gama de vehículos seleccionada i , y longitud máxima del trayecto j

v_j : Velocidad promedio en función de la longitud máxima del trayecto j

$Ckm_{i,j}$: Coste por kilómetro de la gama i , trayecto de longitud máxima j en €/km

D : kilómetros recorridos anualmente en un escenario dado

Cs_k : Cuota de socio anual de la tarifa k en €/año

Como restricción debe elegirse una sola de las gamas. Es decir, solo una de las variables Y tomará el valor 1, y las demás tendrán el valor cero. Por ello la restricción es:

$$\sum_{G=1}^{G=n} Y_G = 1 \quad (10)$$

4. Resultados

Respecto a costes del vehículo privado, con los resultados obtenidos en la tabla 4 únicamente se podría obtener el coste total en un escenario considerado “normal”, pero no reflejaría el modo de uso de los vehículos para la mayoría de propietarios. Por ello se hace necesario incluir un escenario de coste mínimo y máximo, de manera que se pueda estimar el rango entre el mayor y menor coste posible. El escenario de coste mínimo comprende a aquellos propietarios que no disponen de alquiler de plaza de garaje, realizan menos kilómetros anuales que en el escenario normal y tienen por lo tanto una mayor duración de los neumáticos. En el escenario de máximo coste se situarían los propietarios que contratan seguro a todo riesgo durante toda la vida del vehículo y realizan principalmente desplazamientos urbanos teniendo un consumo de combustible mayor, asimismo la

duración de los neumáticos sería menor que en los escenarios anteriores. Más concretamente, las características de cada escenario son las siguientes:

- Escenario de coste normal:
 - Costes fijos: Seguro a todo riesgo los 2 primeros años y alquiler de plaza de garaje.
 - Costes variables: 15.000 km/año, duración de los neumáticos 30.000 km, revisiones en concesionario oficial y consumo de combustible medio.
- Escenario de coste mínimo:
 - Costes fijos: sin alquiler de plaza de garaje ni auto lavado
 - Costes variables: 12.000 km/año, duración de los neumáticos 50.000 km, revisiones de mantenimiento en taller multi marca.
- Escenario de coste máximo:
 - Costes fijos: Seguro a todo riesgo durante toda la vida del vehículo, coste máximo de auto lavado
 - Costes variables: Duración de los neumáticos 20.000 km y consumo de combustible de uso urbano.

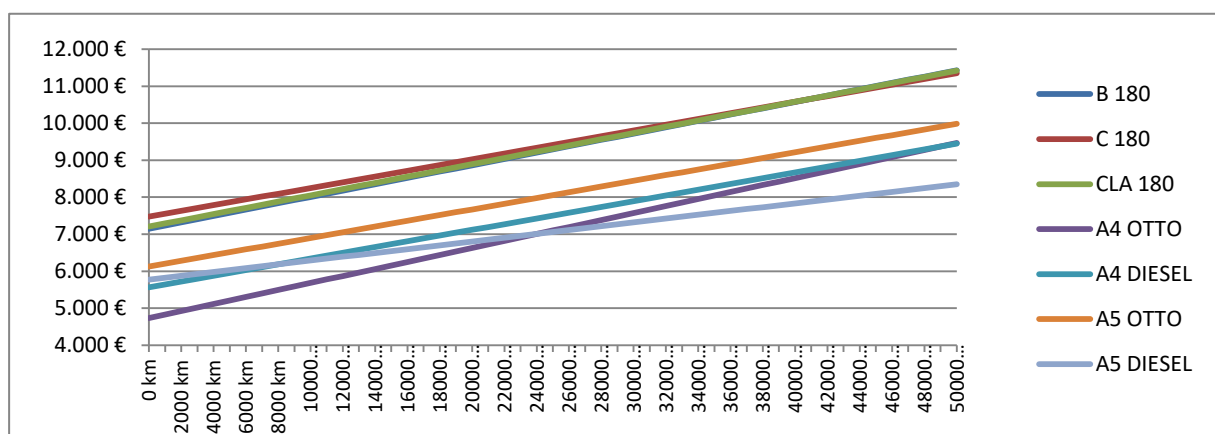
El coste total de los modelos estudiados para los tres escenarios es el siguiente:

Tabla 8: Coste total del vehículo privado en cada escenario. Elaboración propia.

	NORMAL	MÍNIMO	MÁXIMO
B 180 CDI	8.434,89 €	6.354,71 €	9.497,50 €
C 180 Berlina	8.637,14 €	6.580,91 €	9.619,89 €
CLA 180 Coupé	8.470,49 €	6.394,30 €	9.592,99 €
Golf 5p Conceptline 1.4	6.153,92 €	3.913,75 €	7.261,62 €
Golf 5p Conceptline 1.9 TDI	6.728,31 €	4.832,63 €	7.753,42 €
Variant Advance 1.4 TSI DSG	7.283,49 €	5.318,84 €	8.211,50 €
Golf 3p BlueMotion 1.6 TDI	6.544,39 €	4.592,81 €	7.345,93 €
PROMEDIO	7.464,66 €	5.426,85 €	8.468,98 €

Además, para el escenario normal, se ha calculado el coste de cada modelo en función de los kilómetros realizados, desde 0 km al año, hasta 50.000 km/año.

Figura 1: Coste del vehículo privado en función de los kilómetros realizados y modelo del vehículo en el escenario Normal.



Como se aprecia en la figura, la ordenada en el origen no es nula, sino que tiene un coste entre 4.736 € y 7.473 €, esta variación depende sobre todo del precio del vehículo. Por otra parte, las líneas son casi paralelas por tener unos costes variables muy similares, aunque con la clara excepción del Golf 3p BlueMotion 1.6 TDI, debido al bajo consumo de combustible, 3,4 L/100 km mientras el resto de modelos el consumo se encuentra entre 5 a 6,4 L/100 km.

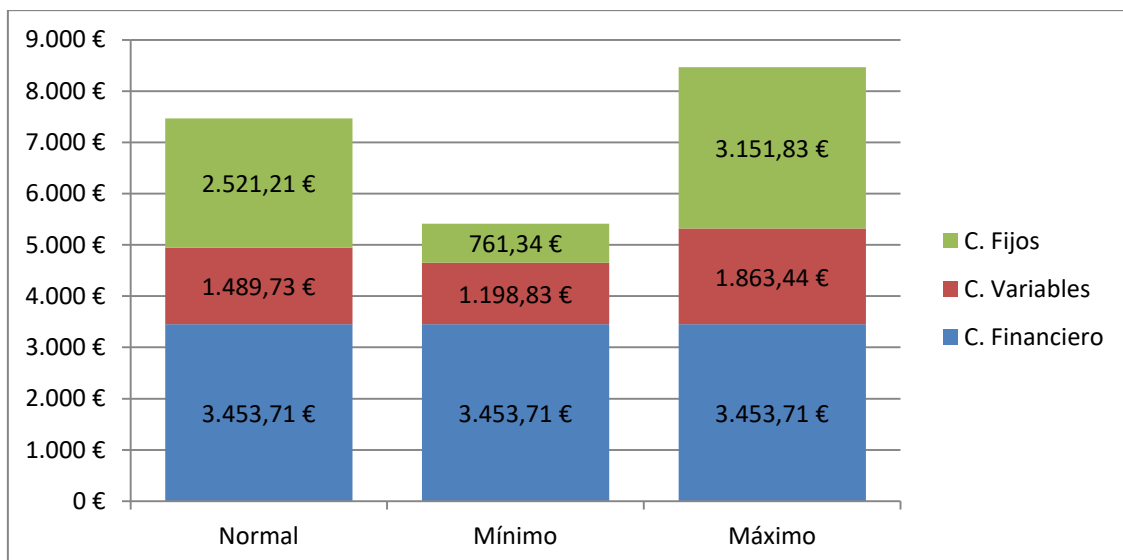
La forma de obtener el coste de uso del vehículo compartido supone que los usuarios intuyen cuál es el abono más económico para satisfacer sus necesidades de transporte, por lo que sería más realista calcular el coste más económico de cada abono y promediar el coste.

La velocidad promedio en función de la longitud máxima del trayecto se ha estimado utilizando los datos de “*Los Transportes y las Infraestructuras. Informa anual 2014*. (Ministerio de Fomento)”. Para obtener la velocidad media en vías urbanas se ha utilizado el “6º informe del Estado de la Movilidad de la ciudad de Madrid (Mesa de Movilidad de Madrid)”. La velocidad media en vías urbanas es de 18,89 km/h, en Carretera de 69,72 km/h y en Autovías de 100,37 km/h. Para que estas velocidades sean útiles en la formulación propuesta, se ha estudiado la velocidad en función de la distancia recorrida en el trayecto teniendo en cuenta el tiempo que circula en cada tipo de vía. Se ha empleado como fuente de datos la “*Encuesta Domiciliaria de Movilidad 2004 en la Comunidad de Madrid* (Consortio Transportes Madrid)”. Estos cálculos se encuentran en: (El autor del artículo).

5. Conclusiones

El coste medio anual que tienen los vehículos de uso privado en cada uno de los tres escenarios de coste se representa en la Figura 2:

Figura 2: Costes fijos, variables y financiero de cada escenario. Elaboración propia.



En los tres escenarios se ha considerado el mismo coste financiero, por ello se observa claramente que la causa principal que hace variar el coste entre cada escenario son los **costes fijos**. Mientras la diferencia de costes variables entre el escenario mínimo y máximo es de 660 € aproximadamente, la diferencia de costes fijos entre el escenario mínimo y máximo es de casi 2.400 €. Este encarecimiento se produce por la incorporación de plaza de garaje y seguro a todo riesgo durante toda la vida de uso del vehículo, que al ser fijos curiosamente no dependen del estilo de conducción o tipo de combustible.

Estos costes fijos (plaza de garaje y seguro) son equiparables a la cuota de socio de los vehículos de uso compartido, aunque su valor es mucho menor como se observa en la Tabla 7. La razón es que los costes que soporta la empresa (la ocupación del espacio público y los seguros de la flota de vehículos) se reparten entre los diferentes usuarios. Por lo tanto aunque a priori parezca más económico el uso del vehículo compartido se debe estudiar el coste de ambas opciones según los kilómetros anuales recorridos.

6. Referencias

Agencia Tributaria. (s.f.). Recuperado el 6 de junio de 2016, de http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Campanas/Impuesto_Especial_sobre_Determinados_Medios_de_Transporte/Informacion_sobre_matriculacion_de_vehiculos/Tipos_impositivos.shtml

Consortio Transportes Madrid. (s.f.). *Encuesta domiciliaria de movilidad de 2004 en la Comunidad de Madrid*. Recuperado el 16 de mayo de 2017, de www.crtm.es/media/157705/edm_2004.pdf

El autor del artículo. (s.f.). *Universitat Politècnica de València*. Recuperado el 21 de marzo de 2017, de <https://riunet.upv.es/handle/xxx>

el confidencial. (s.f.). Recuperado el 1 de junio de 2016, de http://www.elconfidencial.com/motor/2015-11-12/el-alquiler-de-coches-por-minutos-llega-a-madrid-con-car2go_1092986/

INE. (2008). Recuperado el 10 de abril de 2017, de <http://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t25/p500/2008/p08/I0/&file=08010.px&L=0>

Mesa de Movilidad de Madrid. (s.f.). Recuperado el 16 de mayo de 2017, de <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMovilidadTransportes/MOVILIDAD/InformeEstadoMovilidad/ficheros/Sexto%20Informe%20Estado%20Movilidad%202013.pdf>

Ministerio de Fomento. (s.f.). *Los transportes y las infraestructuras. Informe anual 2014*. Recuperado el 16 de Mayo de 2017, de <https://www.fomento.gob.es/MFOM.CP.Web/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=BTW027>

R.D. 2/2004. (s.f.). *Ley Reguladora de las Haciendas Locales*.