

El reciclado de vehículos se debería traducir en un beneficio ambiental, ya que supone un ahorro de materias primas, y por ello, una disminución tanto en la explotación de los recursos naturales como en el gasto energético asociado. Una parte de este estudio se encarga de calcular este ahorro de materias primas fruto de la actividad del reciclado de los vehículos fuera de uso (VFU). Por otro lado, en esta actividad solo se ha prestado atención al cumplimiento de las tasas de reciclado marcadas por el Real Decreto 1383/2002 ^[1], sin tener en cuenta que la propia cadena de tratamiento de un VFU requiere un consumo energético. Este consumo se refleja en emisiones asociadas de CO₂ que en este artículo se intentan cuantificar con la huella de carbono (HC). Para cerrar el círculo, el reciclado de vehículos supone unas emisiones evitadas por la reutilización de piezas, que serían las achacables a su fabricación. Es decir, no es necesario gastar energía en volver a fabricar la pieza reutilizada. Se han analizado datos del Centro Autorizado de Tratamiento (CAT) de CESVIMAP, además de otros tres CAT, para hallar cuáles son sus emisiones de CO₂ debidas a su propia actividad.



CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y EL

Análisis del RECICLADO *de* VEHÍCULOS

desde un punto de visto medioambiental

Por **P. MÁS ALIQUÉ**. Doctor Ingeniero Industrial. Decano de la Facultad de Ciencias y Artes UCAV. **D. MUÑOZ JIMÉNEZ**. Ingeniero Industrial. Profesor de la UCAV.



AHORRO DE MATERIAS PRIMAS

El reciclado de vehículos es una actividad necesaria ya que en torno a 700.000 unidades llegan al final de su vida útil cada año en España y no existe otra alternativa posible que no sea su reciclado (la alternativa de llenar vertederos con coches se antoja inviable). El RD 1383/2002 establece las directrices para un correcto tratamiento medioambiental de los VFU, además de marcar unos objetivos de reciclado. A partir de su entrada en vigor, la industria del reciclado de vehículos en Espa-

ña experimentó un profundo cambio para lograr cumplir con los requisitos del RD, transformándose los antiguos desguaces en los modernos Centros Autorizados de Tratamiento (CAT). Una radiografía de este sector se realizó en un número anterior de esta publicación ^[2].

El reciclado de vehículos no es algo inventado en la actualidad, ya en las antiguas factorías de Ford se aprovechaban de los beneficios económicos y ambientales de esta actividad. «Durante la Gran Depresión –según M. Braungart y

W. McDonough–, la factoría incluso se hizo cargo del tratamiento de los coches usados. Se montó una línea de desensamblado cuyos trabajadores extraían de cada coche el radiador, los cristales, los neumáticos, la tapicería, a medida que se iba desplazando por la cadena, hasta que la carrocería y el chasis eran finalmente arrojados a una enorme prensa. Hay que admitir que el proceso era eminentemente primitivo y se basaba en la fuerza bruta más que en el diseño sofisticado, pero era una llamativa ilus-

tración de que 'basura = alimento' y un paso pionero hacia la reutilización de los materiales industriales»^[3].

Este estudio se planteó con la intención de dar respuesta a estas preguntas: ¿Cuánto cuesta en términos energéticos reciclar un vehículo fuera de uso?

¿Cuánto se ahorra en emisiones de CO₂ al reciclar un VFU?

Hasta el momento no se ha tenido en cuenta la energía, y por ende las emisiones derivadas de la actividad del tratamiento de VFU. Es evidente que un correcto tratamiento medioambiental de los VFU es necesario, pero se desconoce cuanta HC genera. El problema radica en que para saber cuanto CO₂ se deja de emitir por VFU reciclado, se necesita averiguar cuantas emisiones son las debidas al propio tratamiento de reciclado, además de las emisiones en la fabricación de las distintas piezas que componen un VFU. De toda la cadena del tratamiento de VFU solo se ha analizado el primer peldaño, que es el CAT con los límites y alcances que se han fijado.

Objetivos y metodología

Los objetivos de este trabajo han sido los siguientes:

- Determinar el ahorro de materias primas y el ahorro de superficie en vertedero, fruto del reciclado.
- Establecer la huella de carbono de la actividad de reciclado.
- Establecer el balance energético entre la fabricación y el reciclado.
- Desarrollar las metodologías correspondientes a los objetivos anteriores.

La metodología utilizada ha sido la siguiente: en primer lugar se ha estudiado y analizado el proceso general de reciclado de VFU, y paralelamente se realizó un trabajo de campo, visitando distintos CAT. Estas visitas se aprove-

charon para solicitar información. Además, se estableció contacto con otro CAT del que también se obtuvo información. Se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica y se compararon los resultados de la revisión bibliográfica con datos de fabricantes y CAT. Con toda esta información analizada, se eligió la normativa a utilizar para el cálculo de la HC y se definieron parámetros de comparación. Por último, se obtuvieron y revisaron las conclusiones, comparando con otros estudios.

Diferentes tipos de CAT analizados

Han colaborado en este estudio cuatro CAT con características y negocios muy diferentes, como se verá a continuación y puede observarse en las fotos.

El primero es CesviRecambios. Es un CAT de nueva construcción y tiene un grado alto de automatización en gestión de piezas y componentes. Además, posee un esquema de reciclado propio y característico.

El CAT 1 es uno de los típicos casos ocurrido a raíz de la publicación del RD 1383/2002, un antiguo desguace reconvertido a CAT. Tiene la particularidad de

Hasta el momento no se ha tenido en cuenta la energía, y por ende las emisiones derivadas de la actividad del tratamiento de VFU

no estar conectado a la red eléctrica. La energía la obtiene mediante un sistema de placas fotovoltaicas junto con un pequeño aerogenerador y acumuladores de baterías. Cuando ocasionalmente la demanda eléctrica es elevada se dispone de un generador eléctrico diésel.

El CAT 2, también de nueva construcción, no solo trata VFU sino varios tipos de residuos, como papel, plásticos, baterías, chatarra, etc. Este CAT posee compactadora.

Si los tres primeros estaban ubicados en Ávila, el CAT 3 está en Galicia. Realmente son dos CAT, uno antiguo adaptado al RD y otro de nueva planta.

Como comentarios generales sobre los CAT visitados y estudiados cabe mencionar que:





- Cada CAT tiene su estrategia a la hora de gestionar las piezas. Suele ser habitual almacenar VFU descontaminados en función de su previsión de venta de pequeñas piezas o conjuntos de mayor tamaño. La expresión típica «ahí no me piden pan» lo define con bastante exactitud.
- El nivel de reutilización está íntimamente ligado a la edad, el estado y el tipo de VFU. Evidentemente, la cantidad de piezas que se pueden reutilizar de un coche de cinco años es diferente que de uno de 10. También influye el motivo de transformarse en VFU, si es procedente de siniestro, si es por edad o avería mecánica, etc. Asimismo, es distinto reciclar un todoterreno o coche de alta gama que un utilitario.
- La demanda de piezas reutilizadas gobierna la gestión de VFU descontaminados, junto a los anteriores factores, condiciona cuándo se envía el VFU a fragmentación.

Ahorro de materiales

En los párrafos siguientes se expone un breve resumen de la revisión bibliográfica examinada, de la que se pueden extraer las siguientes conclusiones generales.

- El porcentaje de reciclado de un VFU dependerá del proceso aplicado.
- El remanufacturado de componentes es una muy buena práctica desde el punto de vista de reutilización y ahorra importantes cantidades de materiales y de emisiones. Su estudio excede el alcance del presente trabajo.
- El cristal acaba en el vertedero, pues es práctica habitual no desmontarlo de la carrocería, solo se recupera lo que pueda venderse para reutilizar, por ejemplo, las puertas.

- La propia dinámica del mercado asegura un reciclado del 75% en peso del VFU.
- Se tomará como porcentaje de reciclado en España el 83,1% teniendo en cuenta la reutilización y el reciclado, y el 85,6% si se tiene en cuenta además, la valorización energética ^[4].
- No se han encontrado datos fiables del porcentaje de VFU reciclados en España. Declaraciones de prensa de directivos de las asociaciones sectoriales indican que se recicla el 100% de los vehículos dados de baja. Según datos de la UE, esto está cerca de ser así en Alemania y Holanda, mientras que datos del mercado canadiense indican que en ese país se llega al 94%.

La figura 1 muestra los porcentajes en peso de los distintos materiales que forman un vehículo tipo. Los resultados se han obtenido por los autores a partir de la información aportada por la bibliografía que se encuentra más detallada en el estudio completo, sin tener en cuenta el combustible y tomando un peso del VFU tipo de 946 kilogramos; se han tomado datos sobre todo del mercado europeo.

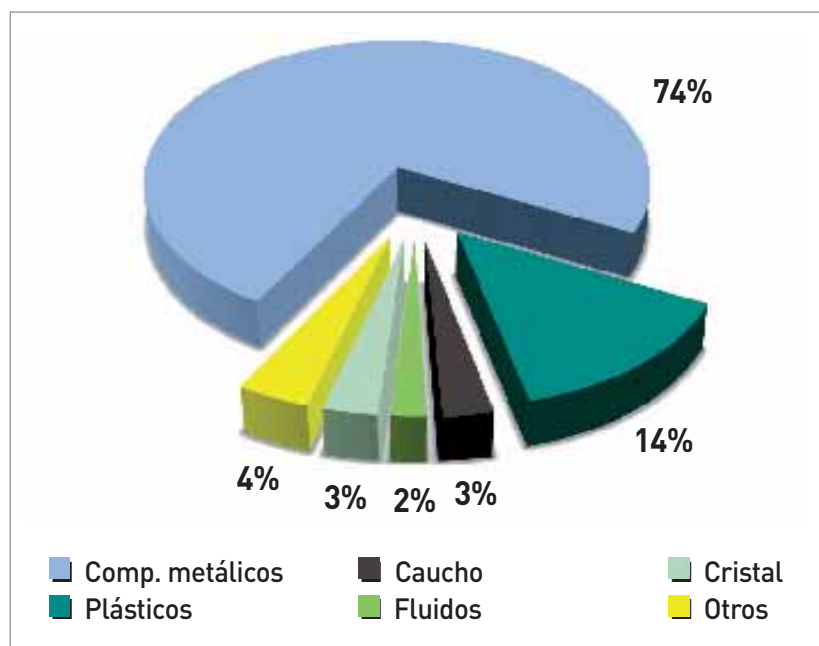


Figura 1. Materiales vehículo tipo. Fuente: Elaboración propia.

Información CAT colaboradores

A través de las declaraciones anuales de residuos que los CAT colaboradores han tenido que presentar a las administraciones autonómicas en 2010 y 2011 se ha podido confeccionar la Tabla 1.

De la información anterior se deduce que la reutilización es muy baja (entre el 4,61 y el 18,03%, con un valor medio del 7,98%), lo que da lugar a que se reutilicen entre 44,23 y 205,54 kg/ VFU, con un valor medio de 81,00 kg / VFU.

Por otra parte, hay que tomar los datos con precaución, pues, en las visitas realizadas a dos de los CAT cuyos datos se han utilizado en este apartado, se ha constatado la práctica comercial que llevan a cabo y no parece fácil estimar el peso de los componentes vendidos para su reutilización. Se venden motores o cajas de cambio, por ejemplo, pero no materiales féreos o no féreos.

Otro factor a tener en cuenta es que el peso del vehículo se obtiene de la tara de la tarjeta de inspección técnica del mismo, que considera que el depósito está lleno, lo que en general no será cierto; por tanto, se está cometiendo un error en el dato de partida.

La eliminación del combustible del peso inicial hace aumentar el porcentaje de material reutilizado o reciclado. Pero se mantendrán los datos iniciales tanto por coherencia con los datos oficiales como por la dificultad que entraña saber la capacidad de los depósitos de combustible de todos y cada uno de los vehículos reciclados en los distintos CAT.



Sin embargo, se ha constatado que alguna comunidad autónoma recurre a las aproximaciones para realizar el cálculo de los porcentajes de materiales reciclados por no disponer de información fiable en las declaraciones anuales de residuos ^[5].

Información CesviRecambios

El modelo de reciclado de CesviRecambios es distinto del de los otros CAT, que podríamos denominar convencionales. El centro de reciclado de CESVI-MAP se nutre de vehículos siniestrados y con un máximo de cuatro años de an-

Tabla 1. Información reutilización CAT colaboradores. Fuente: Elaboración propia.

CAT	Vehículos procesados	Peso total (kg)	Material reutilizado (kg)	Combustible (kg)	Resto (kg)	% reutilización	Kg material reutilizado / VFU
CAT 1	453	516.559	93.110	1.600	421.849	18,03	205,54
CAT 2	540	591.494	30.360	700	560.434	5,13	56,22
CAT 31	1.054	1.040.676	89.006	1.600	950.070	8,55	84,45
CAT 32	1.269	1.218.240	56.129	2.500	1.159.611	4,61	44,23
Total	3.316	3.366.969	268.605	6.400	3.091.964	7,98	81,00

Tabla 2. Información reutilización CesviRecambios. Fuente: CESVIMAP.

CAT	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Nº de vehículos desmontados		1.757	1.995	2.526	2.834	2.899	2.319	2.491	2.460
Nº de certificados emitidos		1.275	2.169	2.494	2.788	2.921	2.293	2.517	2.518
Media de peso/vehículo	900	1.224	1.238	1.239,5	1.252	1.280	1.256	1.304	1.316
Recuperación en peso piezas	45%	43%	50%	51%	48%	43%	39%	61%	44%

Tabla 3. Información CESVIMAP 2011. Fuente: CESVIMAP.

CAT	Vehículos procesados	Peso total (kg)	Material reutilizado (kg)	Combustible (kg)	Resto (kg)	% reutilización	Kg material reutilizado / VFU
Cesvi	2.460	3.237.360	1.424.440	41.735	1.834.800	44	579

tigüedad, si bien esto último no siempre se cumple en el momento actual.

En las tablas 2 y 3 se muestran los datos obtenidos de CesviRecambios, observándose que el porcentaje de reutilización es claramente superior al de los otros CAT.

Para conocer en detalle los conjuntos destinados a reutilización se procedió al control de 90 vehículos Seat Ibiza 2002, en cuatro de los cuales se pesaron los componentes desmontados para su reutilización. La elección de este modelo de automóvil viene motivada porque fue el vehículo que más llegó a los CAT en los años 2010 y 2011.

Veamos a continuación la comparación entre los datos generales y los obtenidos de los 90 vehículos analizados. Como peso medio de los vehículos se tomará 1.080 kg (obtenido como valor medio de cuatro de los vehículos estudiados). Un análisis de estos cuatro vehículos arroja los resultados de la Tabla 4.

El ahorro energético conseguido al reciclar los 671.927 vehículos fuera de uso dados de baja en España supone el consumo anual de 51.844 hogares



Tabla 4. Datos Seat Ibiza controlados. Fuente: CESVIMAP.

Vehículo	Peso kg	Venta directa por CESVIMAP kg (C)	% en peso
V1	1.080	415,36	38,46
V2	1.100	334,19	30,38
V3	1.080	212,76	19,7
V4	1.060	46,8	4,42
Total	4.320	1.009,08	23,36



Tabla 5. Datos Seat Ibiza durante 2011. Fuente: CESVIMAP.

Nº vehículos	Peso total (Kg)	Venta directa por CESVIMAP kg (C)	% en peso	Destino recuperadores kg (R)	% en peso	Resto a gestores de residuos	% en peso
90	97.200	18.467.771	19,01	7.484,15	7,7	71,239.079	73,29

Los resultados de los 90 vehículos (peso medio 1.080 Kg) vienen en la Tabla 5.

En la Tabla 2 los porcentajes de «recuperación en peso piezas» (C+R) oscilan entre el 39 y el 61%, con vehículos de pesos medios de 1.224 a 1.304 kilogramos, que crecen paulatinamente a lo largo de los años.

Como ya se ha citado con anterioridad, los pesos de reciclado son mayores para vehículos de gama alta que para ve-

hículos de gama baja, por lo que existe coherencia en los datos.

Ahora bien, para averiguar el verdadero porcentaje de recuperación habría que analizar toda la cadena de suministro que recorren los materiales proporcionados por CESVIMAP a los distintos agentes implicados.

Estos materiales se pueden clasificar en cuatro grandes grupos, al igual que para cualquier otro CAT, a saber:

- **Venta directa (C).** Aquellos materiales que CESVIMAP vende directamente a cliente para su montaje en vehículo.
- **Material para recuperadores (R).** Se destina a empresas de recuperación. Este material, tras las correspondientes operaciones de revisión y recuperación, se pone en el mercado para su uso.
- **Materiales para su reciclado a través de la cadena de compactado, fragmentadora, medios densos, valorización energética y vertedero,** teniendo en cuenta las especiales circunstancias de baterías y neumáticos.
- **Residuos varios** fruto de las distintas operaciones intermedias llevadas a cabo en los procesos anteriores.

Si comparamos el porcentaje de material recuperado, para reutilización, por CesviRecambios y por los otros CAT estudiados, encontramos que los datos de CesviRecambios entre 2004 y 2010 (Tabla 2) no bajan del 39%, los datos obtenidos para el vehículo de control (Ibiza 2002) arrojan un 23,26%, mientras que la media de los otros cuatro CAT analizados es del 7,98%.

Es evidente que, desde el punto de vista de reutilización, el modelo de CesviRecambios es más eficiente, probablemente debido a la capacidad de elegir



Si comparamos el porcentaje de material recuperado, para reutilización, por CesviRecambios y por los otros CAT estudiados, encontramos que los datos de CesviRecambios entre 2004 y 2010 no bajan del 39%, los datos obtenidos para el vehículo de control (Ibiza 2002) arrojan un 23,26%, mientras que la media de los otros cuatro CAT analizados es del 7,98%

los vehículos sobre los que trabajar y a una mejor gestión comercial.

Información revisión bibliográfica

De la información obtenida de los distintos CAT no se pueden extraer datos fiables sobre recuperación de materiales, debido a dos razones principales. La primera es el error de partida en los pesos por incluir el peso del combustible en la tara tomada como peso del vehículo, si bien este error podemos cifrarlo en un 3,5% a partir de un primer cálculo teniendo en cuenta distintos tipos de turismos y todoterrenos (en el vehículo de referencia, según datos del fabricante, la influencia del combustible es del 3,43%). La segunda es la falta de información para traducir a materiales los distintos componentes gestionados, lo que da lugar a que la información, incluso al nivel reseñado en las memorias anuales que se entregan a las administraciones, no sea mínimamente fiable.

Lo que se puede deducir de la información obtenida es que el modelo de CAT influye en el porcentaje de componentes reutilizados.

En la Tabla 6 se indican los ahorros obtenidos, por diversos conceptos, debidos al reciclado, el ahorro de energía y de emisiones, y se ha obtenido de ^[6]; los campos en blanco responden a que no hay información en la fuente utilizada.

A primera vista, estos datos pueden parecer insulsos ya que no se tiene noción de la energía que representa y no se pue-

de establecer una comparación con algún consumo conocido. Realizando unas ligeras conversiones se puede hacer una idea de lo que se ahorraría, según estos datos, reciclar los 671.927 VFU que se han dado de baja en España en 2011. Si por cada 100.000 VFU se ahorra, solo en acero, aluminio, cobre y plomo, 293,2 TJ, esto representa el consumo de 51.844 ho-



Tabla 6. Ahorro de materiales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de ^[6].

Material	Peso de materia prima secundaria x 100.000 VFU (Tm)	Ahorro de mineral (Tm)	Ahorro de energía TJ / 100.000 VFU	Disminución de emisiones CO ₂ Tm / 100.000 VFU	Ahorro de espacio en vertedero (m ³)
Acero	69.939,556	76.933,21 de mineral de hierro 44.061,92 de carbón 3.846,68 de caliza	160,86	67.841,37	1.608.861
Aluminio	2.554,2	20.433,6 de bauxita	113,92	8.939,70	19.412
Cobre	922,35		12,54	747,10	
Plomo	595,98		5,88	959,53	

gares españoles durante un año. El dato del consumo anual de un hogar (10.521 kWh = 0.038TJ) se ha tomado de [7].

Igualmente el reciclado de coches en España durante el año 2011 ha ahorrado un espacio en vertedero equivalente a unos 11 estadios de fútbol, como el Santiago Bernabeu. En varias fuentes consultadas se toma la equivalencia de 1Hm³ = 1 Estadio Santiago Bernabéu.

Huella de carbono

Para analizar el impacto ambiental de la actividad de reciclado de vehículos se ha utilizado como herramienta la huella de carbono (HC). ¿Qué es y qué permite la HC? Es un indicador para medir el impacto medioambiental debido a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son emitidos por un producto (en su fabricación, en su uso, en su final de vida o a lo largo de todo su ciclo de vida), una actividad, un evento, etc. Cabe mencionar que la HC no es el único indicador de impacto medioambiental, pero es el que mayor relación guarda con el calentamiento global y el cambio cli-

mático. La unidad empleada habitualmente es ton CO₂ equivalente.

El análisis y cálculo de la HC va a permitir:

- Identificar y medir las fuentes de emisión de GEI.
- Proponer medidas de reducción o mitigación, una vez se ha realizado el punto anterior.
- Llevar a una única unidad cualquier consumo energético, sea del tipo que sea (kWh, litros de combustible, m³ de gas natural...).
- Comparar productos y/o servicios desde un punto de vista medioambiental siempre que se contemple el mismo alcance.

Para el cálculo se ha utilizado la Norma ISO/DIS 14067 [8]. Esta norma se encontraba en fase de borrador a fecha de redacción. En mayo de 2013 se ha publicado la Norma ISO/TS 14067:2013. Aborda el cálculo de la HC a través del concepto de ciclo de vida del producto o servicio. En nuestro estudio el ciclo de vida del servicio será la actividad del reciclado de vehículos.

Debido a la imposibilidad de conseguir datos para la obtención total de la

HC de la actividad de reciclado de VFU, se ha calculado una HC parcial de la actividad de reciclado de VFU, exclusivamente de un CAT. Este planteamiento lo contempla perfectamente la ISO 14067. Además, en el futuro se puede ir completando a medida que se disponga de los datos de todos los agentes implicados en la cadena de tratamiento de VFU aguas abajo del CAT. Es decir, cada empresa gestora de residuos tendrá su propia HC, así como las empresas de remanufactura de piezas, fragmentadoras, plantas de medios densos, etc. No hay que perder de vista que los transportes necesarios de residuos, de VFU, de piezas, etc. también contribuyen directamente a las emisiones de CO₂ de esta actividad.

Los alcances genéricos comúnmente aceptados en el cálculo de la HC son los que aparecen en la figura 2.

A continuación se comentan cada uno de estos alcances aplicados a un CAT.

Alcance 1. Emisiones directas

Incluye las emisiones directas que proceden de fuentes que posee o controla la compañía que genera la actividad. En

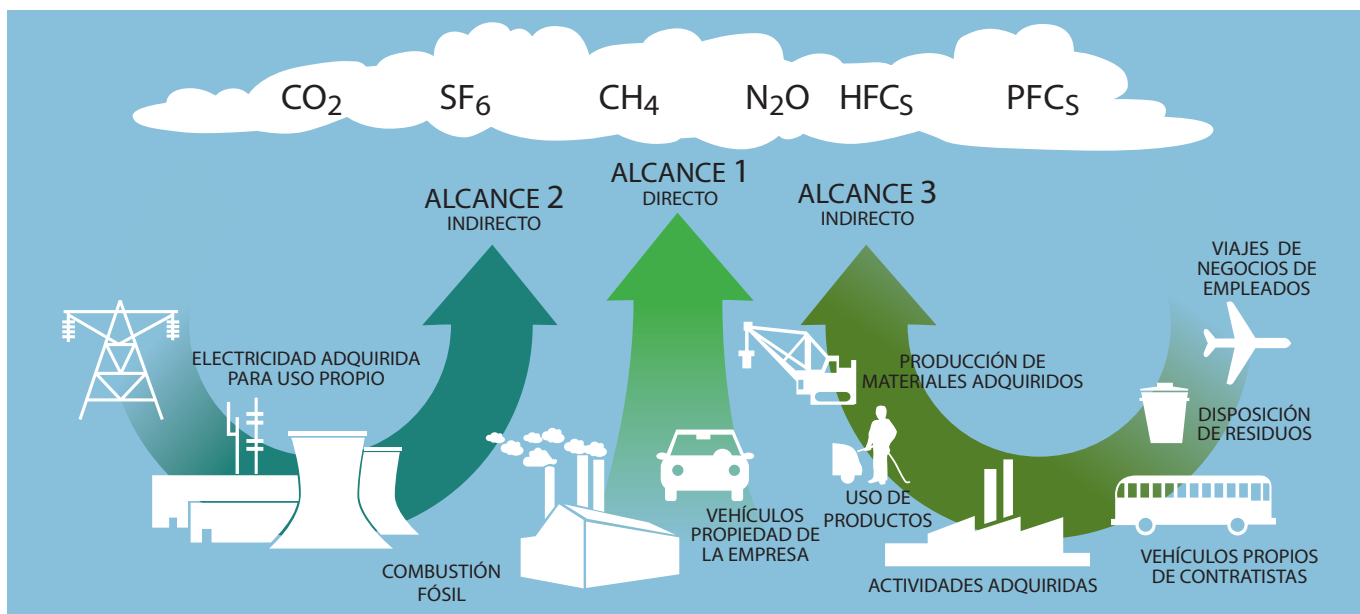


Figura 2. Distintos alcances cálculo de la HC. Fuente: Guía GhG protocol.



Con la intención de unificar alcances y hacer que todos los CAT sean comparables entre sí, en igualdad de condiciones, se ha decidido contemplar exclusivamente Alcance 1 y Alcance 2 en el cálculo de la HC.

Asimismo, para este estudio, el ciclo de vida de servicio del CAT analizado empieza con el VFU a la puerta del CAT y termina con una de las tres vías posibles de salida del CAT (Figura 3).

- Residuos retirados por gestores autorizados, incluyendo también la gestión de residuos no peligrosos tales como chatarra, plástico, etc.
 - Venta de piezas reutilizadas a clientes.
- En principio se supone que todo lo que

el caso estudiado, estas emisiones son las provocadas por el consumo de combustibles del CAT. Este consumo puede ser debido a climatización (sala de calderas) así como a las carretillas elevadoras usadas para transporte interno de materiales y VFU.

Alcance 2. Emisiones indirectas de la generación de electricidad y de calor

Comprende las emisiones derivadas del consumo de electricidad por parte del CAT.

Alcance 3. Otras emisiones indirectas

Incluye el resto de emisiones indirectas. Son las emisiones más difíciles de calcular o estimar debido a que son consecuencia de las actividades de la organización, pero provienen de fuentes que no son poseídas o controladas por la organización. Algunos ejemplos de actividades de Alcance 3 son, entre otros, la extracción y producción de materiales adquiridos, los viajes de trabajo, el transporte de materias primas, combustibles y productos, las actividades relacionadas con el transporte, la gestión de residuos, procesos de remanufactura, etc.

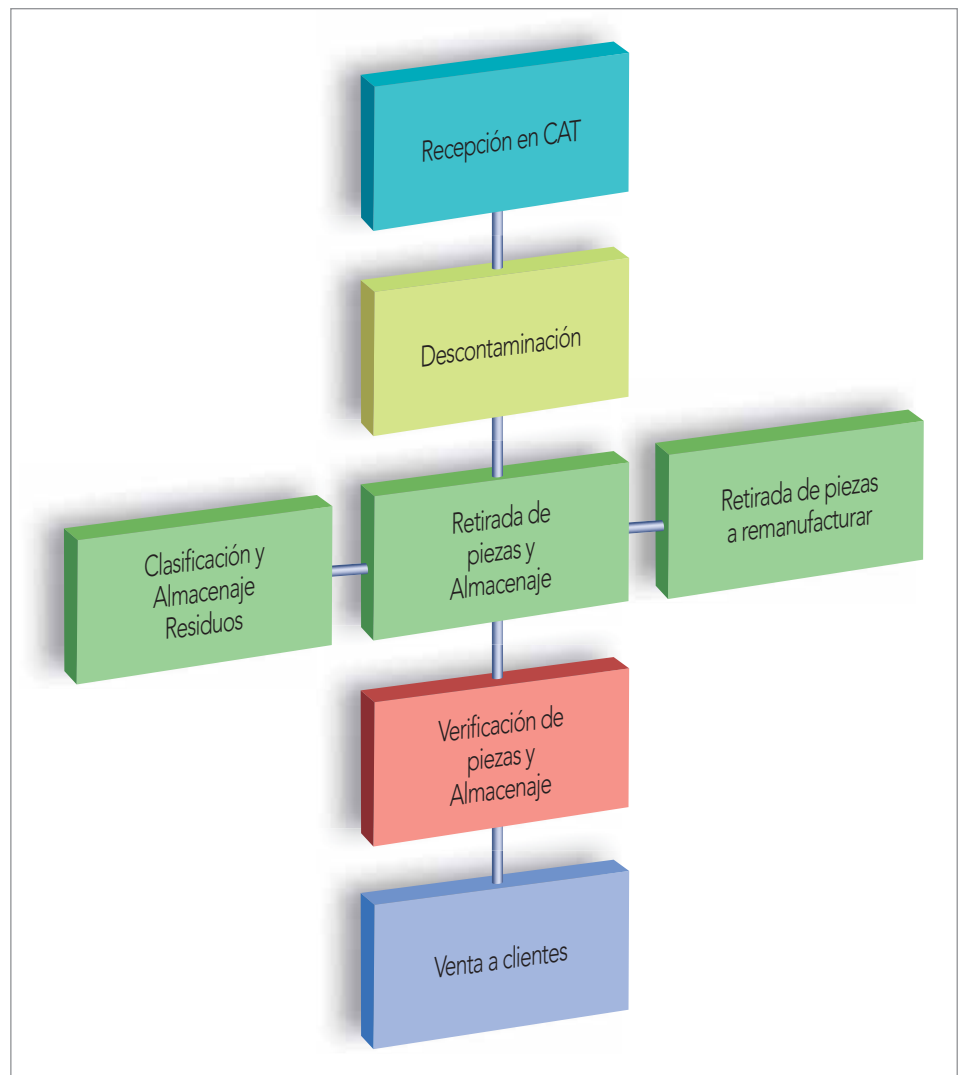


Figura 3. Alcance contemplado en el cálculo de la HC de un CAT. Fuente: Elaboración propia.

se almacena tendrá como destino final su reutilización.

■ **Venta de piezas a empresas de remanufactura.**

Como datos iniciales para el cálculo de la HC de un CAT se ha partido de los consumos anuales de combustibles (gasoil, gas natural) aportados por los CAT colaboradores. Se ha establecido el año base 2011 para todos ellos.

Un paso imprescindible es imputar las emisiones derivadas de la propia actividad del CAT, descontando aquellos consumos que estén fuera de la misma. Ha sido necesario, por lo tanto, descontar de los consumos energéticos anuales de los CAT los consumos no imputables a su propia actividad o que no entraban dentro del alcance establecido. Por ejemplo, ha sido necesario descontar el consumo eléctrico de la compactadora del CAT 2, los consumos del *call center* que comparte instalaciones con Cesvirecambios, etc...

Una vez que se tienen los consumos exclusivos de la actividad del CAT, se han utilizado factores de conversión para llevar estos a ton CO₂ equivalente. Los factores de emisión para el Alcance 1 han sido extraídos de ^[9] basados en el Anexo 8 del informe *Inventarios de GEI 1998-2008* (2010) y se muestran a continuación:

- Gasoil A: 2,61 kg CO₂/l
- Gasoil C: 2,79 kg CO₂/l
- Gas natural: 2,15 kg CO₂/Nm³

Para el Alcance 2 se han utilizado los datos que aportan las propias empresas de suministro eléctrico.



Para obtener la Tabla 7 solo se han computado los VFU sometidos al RD 1383/2002. Además, se considera en todos los casos que las piezas a remanufacturar serán piezas reutilizadas y la HC de este proceso no es imputable al CAT.

Esta tabla tiene tres grandes apartados y resume de forma óptima información sobre los CAT analizados, permitiendo una rápida comparación desde un punto de vista medioambiental de instalaciones de muy distinto tipo, características y funcionamiento.

Por una parte se tiene los datos de entrada:

- **Emisiones.** Aquí se concentran las emisiones calculadas de cada CAT, agrupadas en los alcances 1 y 2, y la suma de ambos.
- **Vehículos tratados.** Son datos ya calculados que vienen reflejados en las tablas 1 y 3. Se recuerda que los datos pri-

marios provienen de las declaraciones anuales de residuos de cada CAT.

Por otra parte, como salida están los índices de eficiencia medioambiental que se han propuesto. Se pasan a comentar cada uno de ellos:

- **Porcentaje de reutilización.** Se calcula como el cociente entre las toneladas reutilizadas y las toneladas tratadas. Ofrece una primera medida medioambiental del CAT y refleja el número de piezas que han tenido como destino su reutilización. Se recuerda que una pieza reutilizada evita las emisiones debidas a su fabricación, además de disminuir las emisiones del proceso de reciclado que ya no tiene que seguir.
- **Huella de carbono por cada VFU tratado (kg CO₂/VFU).** Se obtiene dividiendo el total de las emisiones entre el número de VFU tratados. Hay una gran diferencia entre el mayor y me-

Tabla 7. Índices de eficiencia medioambiental de CAT. Fuente: Elaboración propia.

	EMISIONES			VEHÍCULOS TRATADOS			ÍNDICES EFICIENCIA MEDIOAMBIENTAL		
	Alcance 1 (t CO ₂ eq)	Alcance 2 (t CO ₂ eq)	Total (t CO ₂ eq)	Nº VFU	t trat.	t reuti.	% reuti.	HC/VFU (kg CO ₂ /VFU)	HC/t reuti.
CESVI	108,982	35,459	144,441	2.460	3.237,36	1.424,44	44,00	58,72	0,1014
CAT 1	12,661	0,000	12,661	453	516,56	93,11	18,03	27,95	0,1360
CAT 2	3,654	7,885	11,5393	540	591,49	30,36	5,13	21,37	0,3801
CAT 3	12,779	7,552	20,331	2.323	2.258,92	145,14	6,42	8,75	0,1401

La HC es un indicador para medir el impacto medioambiental debido a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que son emitidas por un producto (en su fabricación, en su uso, en su final de vida o a lo largo de todo su ciclo de vida), una actividad, un evento, etc. En este estudio se ha utilizado para cuantificar el impacto ambiental de un CAT

nor. Este índice adolece de no contemplar la reutilización, es decir, un CAT puede gastar más energía, y por ende más emisiones, en tratar un VFU (descontaminar, retirar y gestionar las piezas), pero también puede ser debido a que es necesario para conseguir reutilizar más piezas.

■ **Toneladas huella de carbono entre toneladas reutilizadas.** Este índice tiene en cuenta tanto las emisiones como el número de piezas que se han reutilizado. Por lo tanto, se considera el más adecuado para medir la eficiencia medioambiental de un CAT, que será más favorable cuanto más próximo a cero esté. Se da el caso de que Cevirecambios es el que presenta este índice más favorable, ya que aunque tienen un HC/VFU mayor que los restantes, también tiene el mayor porcentaje de reutilización.

Comparación y discusión de resultados obtenidos con otros estudios

El gráfico de la figura 4 muestra las emisiones de CO₂ a lo largo de todo el ciclo de vida del automóvil según la referencia bibliográfica ^[10]. Para calcular las emisiones en la fase de uso se ha tomado de nuevo el Seat Ibiza del año 2002 junto con una vida útil de 150.000 kilómetros.

La fase que más emisiones genera es evidentemente la de uso. También se observan las emisiones de cada una de las fases, como la obtención de materias primas, que es mayor que la de fabricación; la de mantenimiento, debido a que hay que cambiar el aceite, neumáticos, pie-

zas de recambio, etc., y por último, la de retiro, que es la analizada en este estudio. Pueden resultar poco significativos los 34 kilogramos de CO₂ que aparecen.

A juicio de los autores, los datos del estudio ^[10] no son muy exactos en la fase de retiro. Solo han considerado el consumo energético de la fragmentadora obtenido de la base de datos de GaBi 4 utilizando un modelo lineal. En el presente estudio se ha calculado la HC de un CAT solo considerando los alcances 1 y 2, que oscilaba entre 8 y 58 kilogramos de CO₂, sin tener en cuenta los transportes de materiales.

Otro estudio para comparar los datos obtenidos es el realizado por ^[11]. Con los datos aportados en él y aprovechando una de las ventajas de usar la HC como herramienta, que es precisamente el poder comparar servicios, llevando a una

unidad común como es el caso tratado de kg CO₂/VFU, se ha confeccionado el gráfico de la figura 5.

Comparando los resultados de las anteriores referencias se puede desprender que:

- Los alcances de ambos estudios son diferentes y por este motivo hay que analizar los resultados con precaución. A pesar de todo, si se pueden comparar los dos documentos, teniendo presente lo que ha incluido cada uno en su alcance.
- Las emisiones del CAT en ^[10] las considera despreciables y el ^[11] las cifra en 0,26 kilogramos de CO₂ para el caso de EE.UU. Para el caso de Alemania no está disponible.
- La separación en el ^[11] se refiere a la separación de la fracción no férrea, o mejor dicho, no magnética. Si agru-

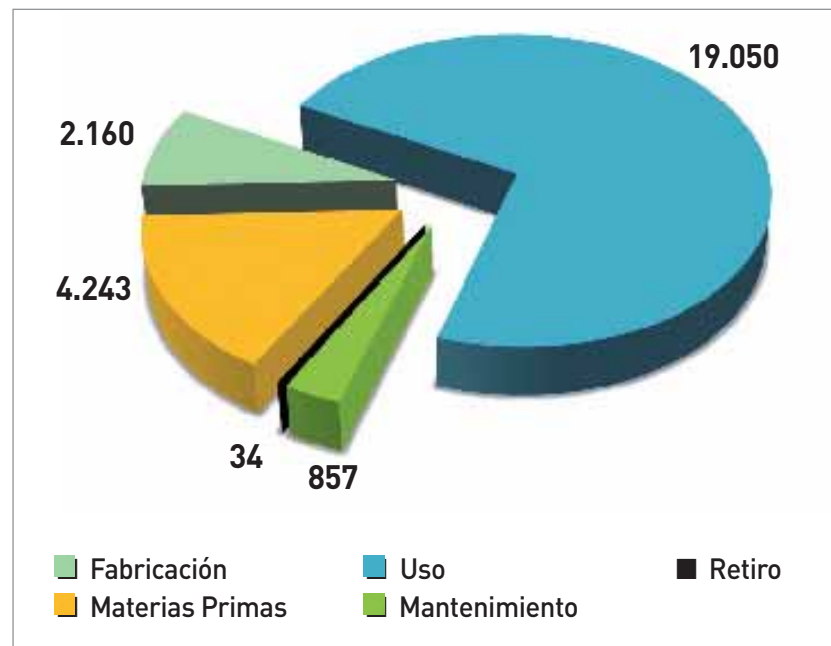


Figura 4. Emisiones (kg CO₂) en ciclo de vida de un automóvil. Fuente: Elaboración propia a través de datos de ^[10].

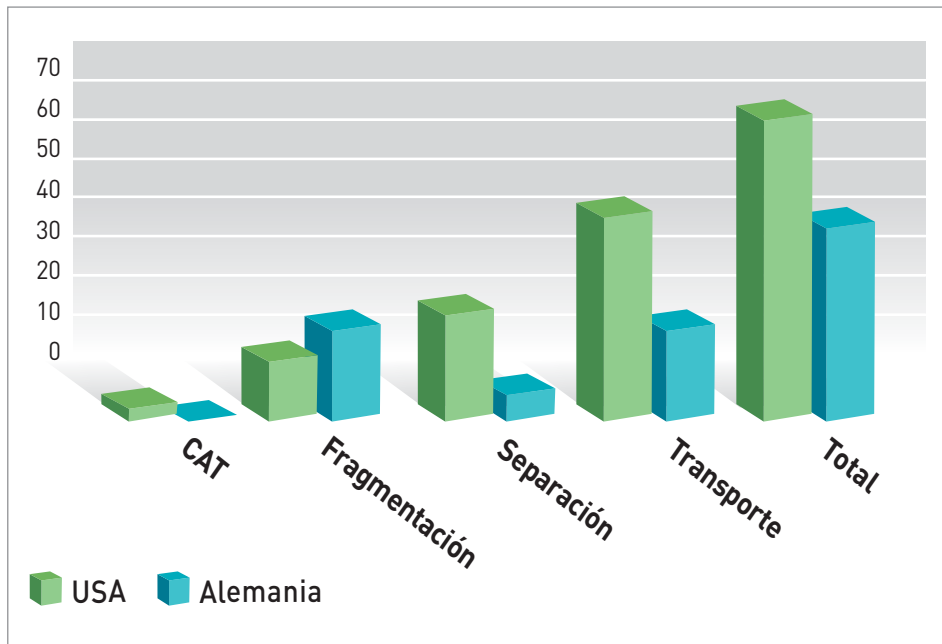


Figura 5. Emisiones (kg CO₂) en fase de reciclado de un automóvil. Fuente: Elaboración propia a través de datos de ^[11].

pamos fragmentación y separación en el ^[11] para asemejarlo a la típica instalación fragmentadora, entonces las emisiones de ambos estudios sí que están relativamente próximas. 34 ^[10]; 21,87-EE.UU., 16,21-Alemania ^[11] (uds kg CO₂/VFU).

- Lo que un estudio considera despreciable, como es el transporte, para otro es el que más contribuye a las emisiones en la fase de reciclado de vehículos.

A la vista de estos resultados, no se tiene constancia de ningún estudio hasta la fecha que haya trabajado con datos reales de consumo de CAT para poder calcular las emisiones debidas a su propia actividad. Asimismo, la mayoría de las referencias consultadas no contemplan el gasto energético en los mismos.

La optimización del transporte entre los diversos agentes es una cuestión a tener en cuenta. En EE.UU. las emisiones debidas al transporte son casi el doble que en Alemania, ya que, como se apunta en la propia referencia, las distancias en Alemania son menores que en EE.UU.

Conclusiones

Las conclusiones y los resultados se plantean en función de los objetivos previamente definidos. Se añaden conclusiones de tipo general obtenidas a lo largo del estudio.

Objetivo 1. Establecer la huella de carbono de la actividad de reciclado

- La HC es un buen indicador de los niveles de emisión de GEI, que debe ser completado a efectos de comparar negocios de distinto alcance. Se han visitado CAT de muy distintas características, por lo que la comparación no sería posible hacerla solo con la huella de carbono.
- La HC de uno de los CAT es mucho mayor que la del resto, lo que indica ma-

yor nivel de emisiones de GEI. Pero a la visita de las instalaciones se deduce un mayor nivel en las mismas, ya que es una instalación que incluye línea de desmontaje en nave cerrada con su consiguiente calefacción y con almacenes automatizados.

- El indicador HC/t Reut, que divide las emisiones de CO₂ en toneladas entre las toneladas de material reutilizado, permite comparar CAT de muy distinto tipo, teniendo en cuenta tanto las emisiones de GEI como la cantidad de materiales reutilizados.
- Como se puede apreciar en la Tabla 7, los valores de emisiones totales son muy dispares, lo mismo que las toneladas reutilizadas. De ahí la necesidad de un ratio que permita comparar.
- Existen numerosos estudios sobre materiales, ASR, porcentaje de reciclado, etc., pero muy pocos sobre consumos energéticos implicados. De estos ninguno ha trabajado con datos reales sobre consumos. Tanto en los estudios de HC como en los de ciclo de vida del automóvil se suele obviar la fase de retiro y reciclado. Esto parece indicar cierta reticencia o desinterés de los estudiosos por el tema del reciclado.

Objetivo 2. Determinar el ahorro de materias primas y el ahorro de superficie en vertedero, fruto del reciclado

- El porcentaje de reutilización en peso, componentes directamente vendidos para su uso de los distintos CAT, en los años 2010 y 2011 varía entre el 4,61% y el 61%, dependiendo del tipo de CAT y de su forma de operar.

No se tiene constancia de ningún estudio hasta la fecha que haya trabajado con datos reales de consumo de CAT para poder calcular las emisiones debidas a su propia actividad. Asimismo, la mayoría de las referencias consultadas no contemplan el gasto energético en los mismos



- La información obtenida de las declaraciones de residuos no es totalmente fiable, sobre todo en lo relativo al cálculo de pesos.
- Los ahorros de materias primas, energía y superficie de vertedero figuran en la Tabla 6.
- La reutilización de componentes se hace bien por venta directa desde el CAT, bien enviándolos a remanufacturar.

Objetivo 3. Desarrollar las metodologías correspondientes a los objetivos anteriores

- El uso de la norma ISO 14067 se considera satisfactorio.
- La comparación de la HC de negocios de alcance distinto requiere el uso de ratios.
- La bondad de los resultados obtenidos depende de la calidad de la infor-

mación utilizada. El uso de información oficial y generalmente aceptada no garantiza el proceso.

- La revisión bibliográfica permite conocer el estado del arte del punto de vista técnico y científico.
- La revisión bibliográfica permite comparar los resultados teóricos con los reales.
- El trabajo de campo es necesario tanto para obtener información real como para conocer la práctica habitual del sector.
- La información de los fabricantes de vehículos es totalmente necesaria para un correcto análisis del tema. Lo deseable sería disponer de la HC de la fabricación de vehículos.

Conclusiones de tipo general

- La revisión bibliográfica indica esca-

sa sensibilidad tanto de la sociedad en general como de los fabricantes en particular hacia el reciclado de vehículos.

- Aunque el remanufacturado, que consiste en reparar componentes usados para la venta, es práctica habitual en el sector del automóvil, a criterio de los autores no está suficientemente desarrollado. ♦

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la concesión de una beca de FUNDACIÓN MAPFRE. Asimismo se quiere agradecer a Cesvirecambios y a los otros tres CAT colaboradores su aportación en este estudio.

A MODO DE GLOSARIO

- VFU:** Vehículo fuera de uso.
- GEI:** Gases de efecto invernadero.
- CAT:** Centro autorizado de tratamiento.
- HC:** Huella de carbono.

PARA SABER MÁS

<p>[1] Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil. BOE núm 3.</p> <p>[2] L. Pelayo. «El tratamiento de vehículos fuera de uso en España y su evolución». Seguridad y Medio Ambiente, nº 123, pp. 36-49, 2011.</p> <p>[3] M. Braungart y W. McDonough. Cradle to cradle (De la cuna a la cuna). Rediseñando la forma en que hacemos las cosas, Madrid: Mc GrawHill, 2005, p. 152.</p> <p>[4] SIGRAUTO. «Informe-resumen de la prueba de seguimiento de ni-</p>	<p>veles de recuperación de vehículos al final de su vida útil», 2011.</p> <p>[5] Generalitat Valenciana. Plan integral de residuos 2010, Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda, 2010.</p> <p>[6] S. Grimes, J. Donaldson y G. Cebrián Gómez. Report on the environmental benefits of recycling, BIR, 2008.</p> <p>[7] IDAE Secretaria General Departamento de Planificación y Estudios. «Proyecto SECH-SPAHOU-SEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España», 16 de julio de 2011.</p>	<p>[8] ISO/DIS 14067. Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication, 2012.</p> <p>[9] Oficina Catalana de Cambio Climático. «Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)», www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Politiques/Politiques catalanes/La mitigacio del canvi climatic/Guia de calcul demissions de CO2/120301_Guia practica calcul emissions_rev_ES.pdf, 2012.</p> <p>[10] J. M. López Martínez, J. Sánchez</p>	<p>Alejo y A. Mora Sotomayor. «Consumo de energía y emisiones asociadas a la construcción y mantenimiento de vehículos». Madrid, 2008.</p> <p>[11] J. Staudinger y G. A. Keoleian. «Management on End-of Life (ELVs) in the US», Center for Sustainable Systems, University of Michigan. March 2001.</p> <p>[12] J. C. M. O. a. K. R. B. S. Jeongsoo Yu. «Emerging issues on urban mining in automobile recycling: outlook on resource recycling in East Asia». Integrated Waste Management - Volumen II. 2011.</p>
--	---	---	---