



Monografía 11

Consumo de energía y emisiones asociadas a la construcción y mantenimiento de vehículos

*Energy consumption and emissions associated with the
construction and maintenance of vehicles*

José María López Martínez
Javier Sánchez Alejo
Alberto Mora Sotomayor

Consumo de energía y emisiones asociadas a la construcción y mantenimiento de vehículos

Energy consumption and emissions associated with construction and maintenance of vehicles

José María López Martínez

Javier Sánchez Alejo

Universidad Politécnica de Madrid - INSIA

<http://www.enertrans.es>

© José M^a López Martínez, Javier Sánchez Alejo

© De esta edición, Grupo Gestor del Proyecto EnerTrans, 2008

ISBN: 978-84-89649-44-6

Depósito Legal: M-13500-2009

Esta monografía ha sido redactada por sus autores en el marco del Proyecto de Investigación “*Desarrollo de un modelo de cálculo y predicción de los consumos energéticos y emisión del sistema de transporte que permita valorar la sensibilidad de los consumos a las decisiones de inversión en infraestructura y de política de transporte*” (*EnerTrans*).

El proyecto *EnerTrans* ha sido desarrollado por los siguientes organismos: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Universidad Pontificia Comillas de Madrid, Universidad Politécnica de Madrid-INSIA; Universidad de Castilla-La Mancha; ALSA; Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid; Fundación “Agustín de Betancourt”; Fundación Universidad de Oviedo.

El proyecto *EnerTrans* contó con una ayuda económica del Centro de Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) dentro de su primer programa de ayudas (2006).

El proyecto *EnerTrans* estuvo dirigido por su investigador principal Alberto García Álvarez con el apoyo de un “Comité Científico” del que formaron parte las siguientes personas: Alberto García Álvarez (Fundación de los Ferrocarriles Españoles); Ignacio Pérez Arriaga y Eduardo Pilo de la Fuente (Universidad Pontificia Comillas de Madrid); Jose María López Martínez (Universidad Politécnica de Madrid-INSIA); Alberto Cillero Hernández y Carlos Acha Ledesma (ALSA); Timoteo Martínez Aguado y Aurora Ruiz Rúa (Universidad de Castilla-La Mancha); José Miguel Rodríguez Antón y Luis Rubio Andrada (Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid); Manuel Cegarra Plané (Fundación “Agustín de Betancourt”) y Rosa Isabel Aza y José Francisco Baños Pino (Fundación Universidad de Oviedo). El coordinador del proyecto por parte del CEDEX fue Antonio Sánchez Trujillano.

The aim of the EnerTrans research project is to obtain an accurate model to find out the energy consumption (and associated emissions) of the Spanish transport system, according to the important variables on which it depends, and thereby avoid the need to extrapolate historical data series calculated with various methodologies in the European sphere for each mode of transport. The participants include various universities and foundations linked to different modes of transport: Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Universidad Politécnica de Madrid-INSIA, Universidad de Castilla-La Mancha, ALSA, Universidad Pontificia de Comillas de Madrid, Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid, Fundación Agustín de Betancourt and Fundación Universidad de Oviedo.

The project has involved constructing a model which can be used to explain and predict energy consumption (and associated emissions) in the Spanish transport system, using a coherent methodology for all modes, considering all energy utilizations (construction, operation, maintenance, movement) and the whole energy cycle from source to final use, thus allowing the effects of the results of infrastructure or transport policy to be anticipated and evaluated. As a secondary objective, the project will permit assessment of the impact of any type of technical or operational measure aimed at reducing this energy consumption, which will be useful for transport operators.

It includes innovations such as taking into consideration different routes between the same points for each one of the different modes of transport, or separating consumption from load or space utilization coefficients.

The published documents corresponding to the EnerTrans project fall into three categories: Monographs, Articles and Technical notes.



Con la subvención del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
(Ministerio de Fomento), número de proyecto PT-2006-006-01IASM.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1.Introducción.....	6
2.2.Objetivo y alcance	6
2.3.Metodología	7
3. INTRODUCCIÓN	9
3.1.Objetivo del estudio	9
3.2.Metodología y alcance.....	9
3.3.Modelo matemático.....	11
3.3.1 Construcción del modelo.....	11
3.3.2 Hipótesis asumidas.....	14
4. PRODUCCIÓN DE MATERIALES	16
4.1.Objetivo y alcance	16
4.2.Metodología y modelo matemático.....	17
4.3.Resultados.....	22
5. ENERGÍA Y EMISIONES EN FABRICACIÓN Y MONTAJE.....	25
5.1.Objetivo y alcance	25
5.2.Metodología y modelo matemático.....	25
5.3.Resultados.....	27
6. MANTENIMIENTO.....	29
6.1.Objetivo y alcance	29
6.2.Metodología y modelo matemático.....	29
6.3.Resultados.....	31
7. ENERGÍA Y EMISIONES EN EL FINAL DE VIDA ÚTIL	32
7.1.Objetivo y alcance	32
7.2.Metodología y modelo matemático.....	33
7.3.Resultados.....	34
8. RESULTADOS TOTALES DE CONSUMO DE ENERGIA Y EMISIONES.....	35
9. ASIGNACIÓN DEL CONSUMO Y EMISIONES A LOS RECORRIDOS.....	44
9.1.Recorridos medios por tipo de vehículo	44

9.2. Consumo y emisiones en la construcción y explotación por kilómetro recorrido	44
9.3. Relación entre el consumo y emisiones en la fabricación y el consumo y emisiones en la explotación	46
10. CONSUMO DE ENERGIA Y EMISIONES EN LA FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS PARA OTROS MODOS DE TRANSPORTE.....	47
10.1. Aplicación de la metodología del automóvil y camiones. Factores que se desprenden del estudio	47
10.1.1 Densidad energética por materiales empleados	48
10.1.2 Relación entre la energía en la producción de materiales y el ensamblaje del vehículo	49
10.1.3 Relación entre la energía en la producción de materiales y el mantenimiento	49
10.1.4 Relación entre la energía en la producción de materiales y en el final de la vida útil	49
10.2. Consumo y emisiones en la fabricación de autobuses	50
10.3. Consumo y emisiones en la fabricación de motocicletas.....	51
10.4. Consumo y emisiones en la fabricación de trenes	52
10.5. Consumo y emisiones en la fabricación de barcos.....	53
10.6. Consumo y emisiones en la fabricación de aviones	54
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXO DESGLOSE DE MATERIALES QUE COMPONEN DIVERSOS VEHÍCULOS.....	58
Desglose de materiales que componen un autocar	58
Materiales que componen una motocicleta.....	58
Materiales que componen un tren de alta velocidad.....	59
Materiales que componen un barco	59
Materiales que componen un avión	61
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	62

1. INTRODUCCIÓN

En esta monografía se realiza un análisis de los consumos de energía y emisiones asociadas de los vehículos fabricados en España, en las distintas etapas de su vida útil, excepto la de uso.

Para ello se ha construido un modelo matemático mediante la herramienta informática GaBi4 en función del peso, vida útil, etc. Para construir el modelo se han hecho diversas hipótesis y simplificaciones. Aun así, se ha pretendido tener en cuenta todos los procesos donde se produjera consumo de energía.

Se ha podido conocer a través de la bibliografía que los resultados calculados en esta monografía no son más que una pequeña parte del total de energía consumida por un vehículo a lo largo de toda su vida. En concreto, un vehículo en el desarrollo normal de su función consume entre un 80% y un 85% del total de la energía. Seguidamente, la producción de materiales consume aproximadamente un 10%; producir el vehículo un 6-7%; el mantenimiento representa alrededor de un 2%; y el final de vida útil y reciclado un 0,2%.

Por lo tanto, apenas se supera el valor de 20% en el caso de turismos, mientras que en el caso de vehículos industriales este valor es mucho más pequeño debido a la gran distancia que recorren en su vida útil.

Desafortunadamente, no se ha podido recoger información suficiente sobre la eficiencia de cada proceso, por lo que no se ha podido determinar en qué etapa existe un mayor potencial de mejora. Sin embargo, sí se ha podido determinar las principales fuentes de consumo. Se puede afirmar que se podría reducir significativamente el gasto de energía si:

- Se redujese el peso global de los vehículos, es decir, la cantidad de material necesaria para fabricarlos.
- Si se substituyese el acero por otros materiales más ligeros.
- Si se aumentase la proporción de materiales reciclados para la fabricación de las diferentes piezas.
- Si se aumentase el rendimiento en la obtención de energía eléctrica, mediante el cambio de tipo de planta, el uso de energías renovables, etc.

Por otro lado, y gracias a la construcción de este modelo, se han podido comparar en igualdad de condiciones vehículos de uso privado y vehículos dedicados al uso profesional. Se han comparado, tanto por etapas como por consumos totales, obteniéndose que individualmente, un camión pesado (con cabeza tractora y semirremolque) puede consumir un 270% más que un turismo, o un 190% más que una furgoneta, debido fundamentalmente a su gran tamaño, peso y a la gran cantidad de kilómetros que realiza.

No obstante, si se busca un resultado más global, se puede observar que, por ejemplo, la producción de turismos es 130 veces mayor que la de vehículos industriales pesados (datos de 2005). Esto hace que sean los turismos la principal fuente de emisiones contaminantes en este aspecto.

En resumen, se ha constatado la necesidad de valorar los consumos en el uso habitual del vehículo para poder formular conclusiones generales sobre las formas más eficaces de reducir el impacto medioambiental de este modo de transporte.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introducción

La información previa encontrada sobre el tema no es muy extensa, y en general se engloba en estudios completos del ciclo de vida de un automóvil, siguiendo la mayoría una metodología similar en su concepto y objetivo. Los textos utilizados se pueden encontrar en la bibliografía.

La mayoría de estos estudios buscan hacer un análisis con el que poder comparar las distintas fases de la vida útil de un vehículo, y todos ellos llegan a la misma conclusión: la etapa de uso es en la que más energía se consume y en la que más emisiones se producen; seguida de la de producción de materiales; producción del vehículo; mantenimiento y reparación; y por último final de vida y reciclado.

Sin embargo, al analizar los resultados concretos, las metodologías empleadas, así como la profundidad alcanzada en cada caso eran muy diversas, complicando mucho la tarea de comparar dichos resultados, así como de poder extraer reglas generales.

Hay que resaltar dos estudios: El “inventario de ciclo de vida del Volkswagen Golf” (Schweimer, G.,2000), y el “inventario de ciclo de vida de un berlina genérica americano”(Sullivan J.L., Williams, R.L., 1998), proyecto llevado a cabo por la USAMP (United States Automotive Materials Partnership). Dichos estudios son los más pormenorizados que se han encontrado, y en ellos se ha medido directamente, con la mayor concreción y extensión posible los consumos de energía, emisiones y residuos en la fase de fabricación de un vehículo.

Otro estudio destacable es el llevado a cabo por J.L. Sullivan y E. Cobas-Flores (Sullivan, J.L., Cobas-Flores E.,2001), en el que se analizan y comparan estudios previos sobre la misma materia. Este texto data del año 2001; por entonces ya existían varios artículos con resultados y conclusiones, utilizando el concepto de evaluación de ciclo de vida.

Como conclusión de los estudios revisados, se puede decir que los autores no se han puesto de acuerdo a la hora de valorar el ciclo de vida de un automóvil. Esto se debe a la complejidad que lleva implícita. Debido a esto, no se exponen los resultados de dichas revisiones al no haber podido obtener ninguna conclusión fiable. Sí se exponen a continuación observaciones comunes en objetivos, alcance y metodología.

2.2. Objetivo y alcance

Lógicamente, la profundidad, recursos destinados para el estudio, tiempo empleado, etc., en cada caso dependen del objetivo que se persiga. Esto acarrea muchas dificultades a la hora de comparar resultados. Por ejemplo, mayor consumo y mayores emisiones no siempre significan menos eficiencia; ya también puede ser debidos a que el autor ha englobado más procesos dentro del análisis, o bien a que ha utilizado unas estimaciones de otra fuente.

Se puede decir que hay dos tipos de estudios:

Los que buscan simplemente tener una idea global de las distintas fases en que se divide un proceso tan complejo como construir un automóvil, sin exigir una precisión máxima en el resultado y sin dedicarle una gran cantidad de tiempo ni recursos. En este apartado se engloban la mayoría de los estudios encontrados hasta ahora.

Los que buscan obtener un resultado lo más fiable posible, aunque para ello sea necesario dedicar una gran cantidad de tiempo, esfuerzo y recursos. En este apartado se incluyen *Schweimer, G. (2000)* y *Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)*. Sobre todo éste último, en el que varias compañías y asociaciones importantes se unieron con el único fin de realizar este análisis. Además, el inventario final fue posteriormente revisado por una compañía independiente.

Los estudios del primer grupo sirven principalmente para comparar, bien con otros vehículos de la misma marca o segmento, bien con vehículos de nuevas tecnologías, cómo puede ser la pila de combustible. De hecho, se puede encontrar también datos para este tipo de vehículos, aunque esto se escape del objetivo de esta monografía, en *Petrov, R.L. (2007)*, donde el autor analiza todos los vehículos a la venta de LADA.

En cambio los estudios del segundo grupo sirven para tener una idea precisa de cada etapa, posiblemente con el objetivo de conocer en qué etapas de la producción de un vehículo concreto o similar existen más posibilidades de reducir el consumo energético, o bien en cuáles sería necesario hacer un mayor esfuerzo en este sentido, objetivo de gran importancia en nuestros días.

En resumen, existe un compromiso entre la fiabilidad y precisión de los resultados y el tiempo y recursos empleados para llevarlo a cabo. Dependiendo del objetivo los autores se decantan por un extremo u otro.

2.3. Metodología

El análisis de los resultados se centrará en las etapas objetivo de esta monografía: producción de materiales, montaje del vehículo, mantenimiento y final de vida.

Como se puede suponer, la metodología que ha seguido cada autor es diferente, aunque se pueden sacar algunas características comunes:

- *Producción de materiales*: En general esta etapa se ha construido a base de estimaciones, datos de referencia, medias, etc. Por ejemplo, en *Schweimer, G. (2000)*, los datos se obtuvieron del GaBi 2.0., versión anterior a la que se ha utilizado para esta monografía. Un caso particular es el de *Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)*, en el que para construir el modelo se recurre a las diferentes asociaciones de materiales de Estados Unidos, en concreto las de acero, aluminio y plásticos.
- *Fabricación y ensamblaje del vehículo*: En esta etapa la metodología general ha consistido en hacer la hipótesis de relación lineal entre energía consumida y peso del vehículo, aunque la constante de linealidad de unos estudios a otros varía bastante. Se desconoce cuál ha sido el criterio de elección en cada caso. Sin embargo, en *Schweimer, G., (2000)* y *Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)*, la metodología consistió en tomar los datos directamente de las plantas, labor mucho más ardua pero de mucha mayor precisión en los resultados. Se simplificó en ambos casos el número de piezas objeto de estudio.
- *Explotación*: En este apartado no está clara la metodología que ha seguido cada autor, ya que apenas los especifican. De nuevo distinguimos el caso de *Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)*. En este estudio se elaboró una lista de piezas de recambio, con sus períodos de revisión correspondientes, de forma que la energía consumida era la necesaria para fabricar dichas piezas. En el caso de *Schweimer, G. (2000)*, se consideró un modelo de lavado y revisiones periódicas, pero no se separan los resultados de la fase de uso.

- *Final de vida*: De nuevo no está bien especificada la metodología de cálculo para esta etapa, principalmente debido a la poca importancia a nivel de consumos de energía que en general le dan los autores. En *Schweimer, G., (2000)* y en *Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)* se construyen modelos ideales con datos a partir de estimaciones.

Un caso llamativo es el de *Petrov, R.L. (2007)*, en el cual el autor va más allá del consumo energético. Calcula también el impacto ambiental según la metodología del EcoIndicador '99, mediante la cual se analiza, con mediante diversos indicadores el impacto directo de determinadas sustancias sobre el medio ambiente.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Objetivo del estudio

Esta monografía tiene por objeto calcular de una forma simplificada los consumos de energía y sus emisiones asociadas en las etapas de construcción y explotación de un automóvil, de forma que los resultados se puedan comparar con la etapa de uso del mismo, o bien con las etapas equivalentes de otros modos de transporte.

Un automóvil es un producto enormemente complejo. Se compone de unas 20.000 piezas; y construirlo es un proceso más complejo aún, con infinidad de sub-procesos involucrados, cada uno con sus entradas en forma de energía y materiales, y sus salidas, en forma de productos, emisiones, residuos, etc. Por ello, en esta monografía el objetivo no ha sido hacer un estudio pormenorizado y completo, sino construir un modelo simplificado que pueda dar una idea lo más aproximada posible sobre el consumo de energía y emisiones en base a hipótesis y funciones lineales.

Para la construcción de dicho modelo ha sido fundamental la utilización de la herramienta informática GaBi 4, desarrollada por la Universidad de Stuttgart, y la cual facilita enormemente el análisis de ciclo de vida de productos complejos mediante la relación entre los sub-procesos en una sencilla interfaz gráfica. Dicha herramienta dispone asimismo de una extensa base de datos, la cual ha sido utilizada también para completar la información necesaria para concretar el modelo.

Como se comentará más adelante, en este tipo de cálculos en el que los límites son tan difusos, es muy importante dejar constancia de la profundidad a la que se ha llegado y las hipótesis que se han hecho, con el objetivo de que los resultados sean realmente comparables con otros estudios similares.

3.2. Metodología y alcance

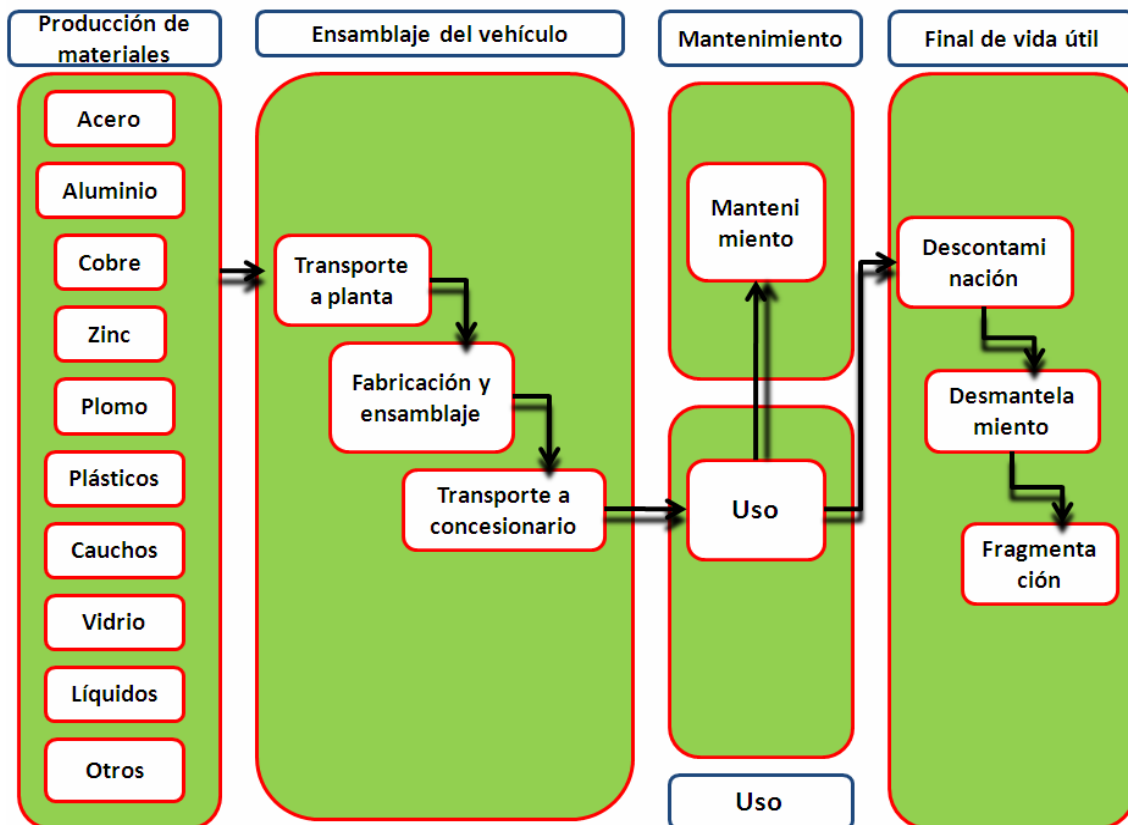
La metodología seguida ha sido la siguiente:

Se ha tomado como unidad funcional un vehículo, y se han identificado las distintas etapas de su vida útil, excluyendo la de uso, que será objeto de otra monografía, y se han dividido en cuatro partes: producción de materiales, fabricación y montaje del vehículo, explotación (mantenimiento), y final de vida (desmontaje y reciclado). Dicha división es común en la bibliografía consultada.

- *Producción de materiales:* Esta etapa comprende desde la extracción de los minerales primarios hasta su procesado en plantas, sabiendo que la localización geográfica de estos procesos puede no ser cercana. Como normalmente las formas de energía más utilizadas son la térmica y la eléctrica, también se ha tenido en cuenta la producción de ambas, con sus rendimientos correspondientes. Se ha hecho una clasificación simplificada de los materiales utilizados en un vehículo, así como la fracción en peso presente en el mismo. No se han considerado recursos auxiliares,
- *Fabricación y ensamblaje del vehículo:* Se ha supuesto que esta etapa comprende desde el transporte de los materiales a las plantas de producción hasta que el vehículo llega al concesionario, pasando por todos los procesos de fabricación de piezas, montaje de esas piezas en componentes y montaje de esos componentes en el vehículo. Al igual que en la etapa anterior, se ha tenido en cuenta la producción de electricidad y

- energía térmica. No se ha tenido en cuenta la fabricación de las máquinas necesarias, ni de la planta.
- **Mantenimiento:** Se ha supuesto que en la fase de uso, el consumo de energía más importante que tiene lugar, aparte del correspondiente al movimiento, es el necesario para fabricar las piezas de repuesto que necesita un automóvil a lo largo de su vida útil, tanto las de mantenimiento preventivo como correctivo. Se ha supuesto un modelo de reposición de piezas que se expondrá en el apartado correspondiente. Al igual que en las etapas anteriores, se ha tenido en cuenta la producción de electricidad y energía térmica.
 - **Final de vida:** En este caso, esta fase comprende desde el transporte del vehículo al desguace, a la fragmentación, en cual se recuperan los materiales que se pueden reciclar mediante fundición (metales) u otros procesos. Los procesos de valorización energética, mediante los cuales se obtiene energía a partir de un componente (por ejemplo, los neumáticos), no se han incluido por considerar que la energía obtenida no repercute directamente en el automóvil. Igualmente con el reciclado de metales y el vertido. Al igual que en las etapas anteriores, se ha tenido en cuenta la producción de electricidad y energía térmica.

Figura 1: Esquema de la metodología seguida en este estudio



Fuente: Elaboración propia

Se ha acotado el alcance del estudio a los vehículos fabricados en España, clasificándolos en los diferentes segmentos o nichos de mercado incluyendo turismos y todo-terrenos (categoría M1), vehículos comerciales ligeros, furgonetas y camiones ligeros (categoría N1) y camiones pesados (categorías N2 y N3). Es necesario hacer ciertas aclaraciones sobre la clasificación:

- Todos los vehículos turismo y todo-terreno pertenecen a la categoría M1.
- Por vehículos comerciales ligeros se entiende aquellos derivados de turismo destinados al transporte de mercancías. Por furgonetas se entiende los vehículos destinados al transporte de mercancías con la cabina integrada en la carrocería. Por camiones ligeros se entiende los vehículos destinados al transporte de mercancías con la cabina separada de la carrocería, sin existir distinción entre cabeza tractora y remolque, y con MMA inferior a 3,5 t. Se les agrupa a todos con la denominación “vehículos N1”.
- Por camiones pesados se entiende los camiones con cabeza tractora separada del remolque, con MMA superior a 3,5 t (categorías N2 y N3). Se les agrupa a todos con la denominación “vehículos N2 y N3”.

No se han obtenido referencias para berlinas de gama alta, de gran lujo, deportivos ni descapotables deportivos por no ser fabricados en ninguna de las plantas españolas. Sólo se ha obtenido una referencia para todo-terrenos de gasolina. En todos los segmentos se diferencia entre vehículos de gasóleo y de gasolina, excepto en el último, para el cual no existen referencias.

Se han obtenido unas características medias para cada categoría y se han comparado los resultados obtenidos en cada caso aplicando el modelo matemático que se explica en el apartado siguiente.

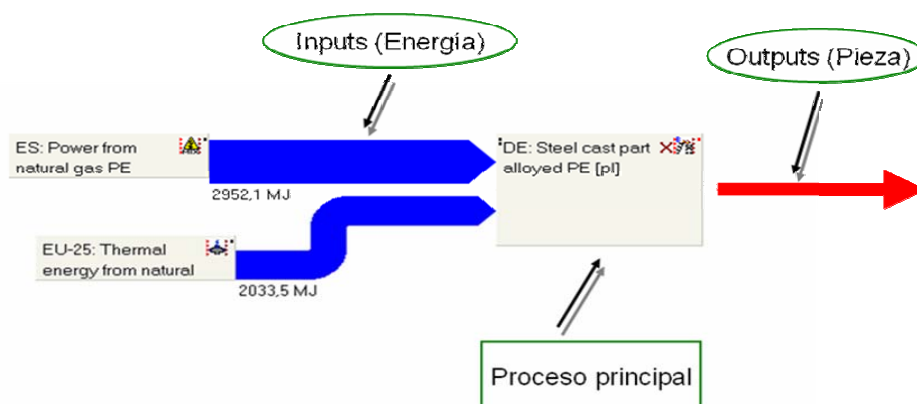
3.3. Modelo matemático

3.3.1 Construcción del modelo

El modelo matemático utilizado ha consistido en relacionar una serie de procesos mediante flujos energéticos y másicos. El programa GaBi 4 permite trabajar de esta forma, ya que el conjunto global de procesos se puede construir y más tarde entender de forma mucho más intuitiva que con cálculos aislados.

Así, cada proceso tiene unos flujos de entrada (inputs) y unos flujos de salida (outputs). En la figura se puede ver un ejemplo de esta metodología:

Figura 2: Ejemplo proceso fabricación de pieza de acero por fundición



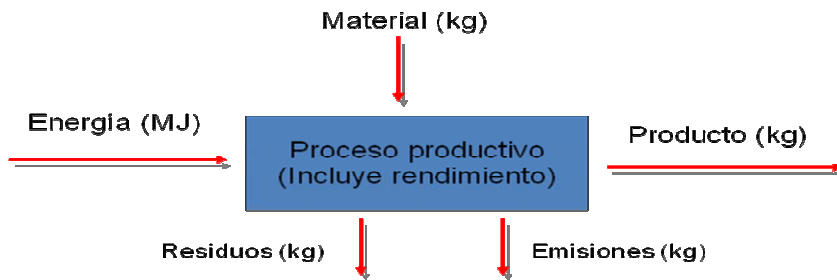
Fuente: GaBi 4

Para cada proceso se puede definir la relación entre las entradas y las salidas, de forma que se pueden construir balances de energía o de masa. Los grosores de cada

flujo sirven para comparar gráficamente la cantidad de energía (o cualquier magnitud) que corresponde a cada flujo, en relación con el mayor.

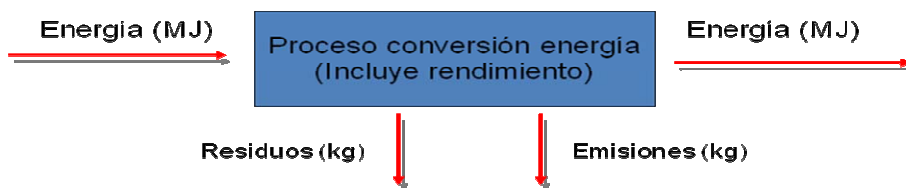
A continuación se muestra esquemáticamente el funcionamiento de los procesos en el programa GaBi 4.

Figura 3: Esquema de proceso de producción en GaBi 4



Fuente: GaBi 4

Figura 4: Esquema de proceso de conversión de energía en GaBi 4



Fuente: GaBi 4

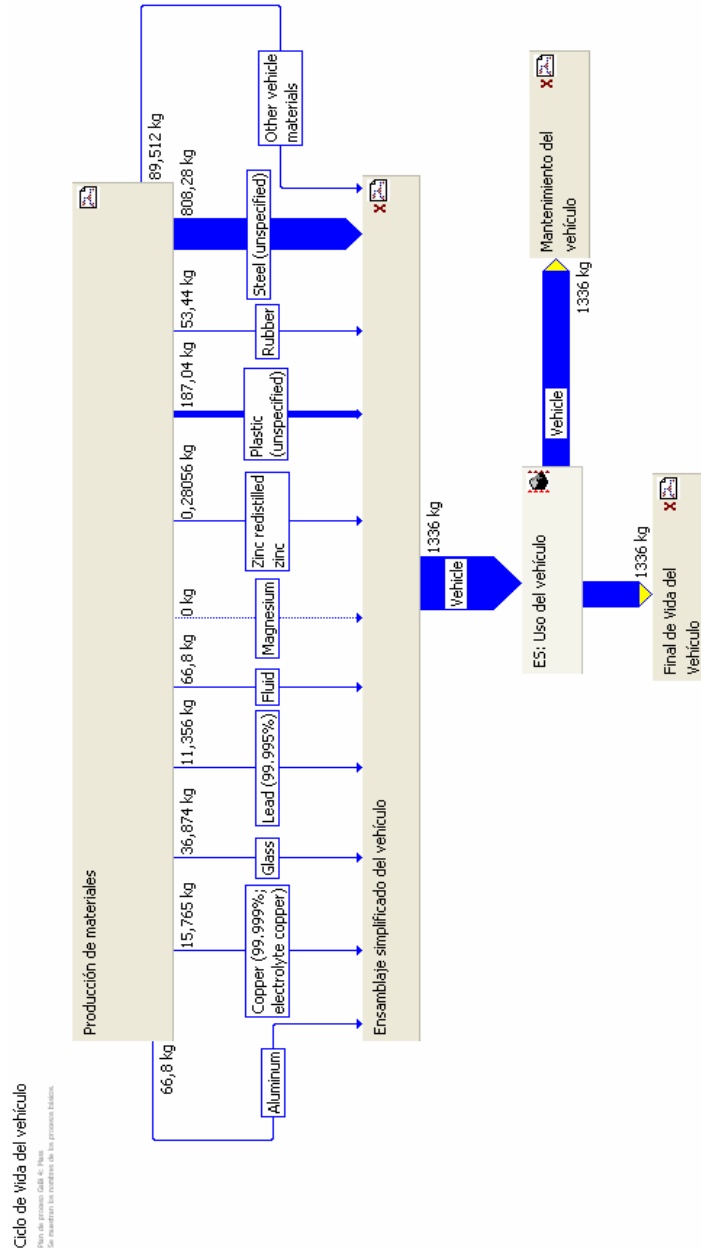
La forma de ajustar un proceso concreto a un conjunto consiste en multiplicar todas las variables por un factor de escala. Así se consigue que el valor de la variable que interese sea el mismo en la salida de un proceso y en la entrada del siguiente.

Es decir, la relación entre la mayoría de las variables es de tipo lineal. Esta situación ha llevado a hacer varias hipótesis y simplificaciones que se comentan en el apartado siguiente.

El programa GaBi 4 permite también mostrar los resultados del balance global gráficamente.

El modelo completo se puede observar en la siguiente figura:

Figura 5: Modelo utilizado



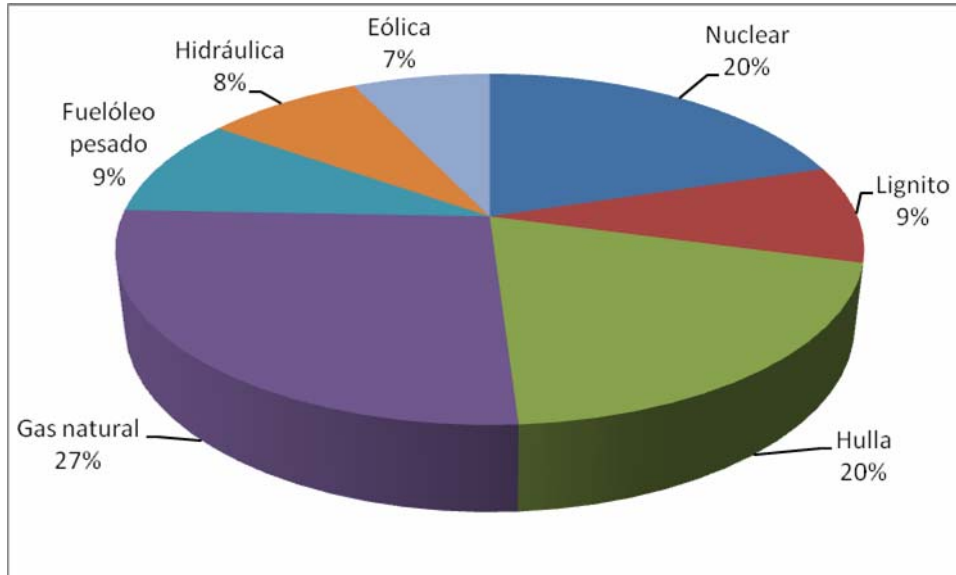
Fuente: Elaboración propia

El proceso de uso (“uso del vehículo”) no es significativo en este estudio; simplemente sirve para unir las diferentes etapas del ciclo de vida.

Cada cuadro representa una etapa. Los esquemas detallados de cada una se especifican en el apartado correspondiente. En todas las figuras se representa el modelo ajustado para la producción de un turismo medio (1.336 kg).

En la figura 6 se puede observar el mix de generación utilizado para la producción de electricidad:

Figura 6: Mix de generación utilizado para la producción de electricidad



Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio/IDAE

Es un proceso de referencia para España, incluido en la base de datos del programa GaBi 4, en el que es posible ajustar las cantidades de energía provenientes de las distintas fuentes de las que disponemos en nuestro país. Las cantidades se han tomado del IDAE, con datos correspondientes a 2005.

Para la producción de energía térmica, se ha supuesto que principalmente se obtiene a partir de gas natural. El proceso corresponde a uno de referencia para la comunidad europea de los 25 países.

3.3.2 Hipótesis asumidas

Con el objeto de simplificar el cálculo en la medida de lo posible y de forma que los resultados se puedan comparar con otros estudios previos, se han hecho las siguientes suposiciones:

- La energía consumida y las emisiones en la fase de producción de materiales, son funciones lineales del peso de dichos materiales; siendo, por tanto, necesaria una estimación de la composición de un vehículo.
- La energía consumida y las emisiones en la fase de fabricación son funciones lineales del peso del vehículo.
- La distancia desde las plantas de producción hasta los concesionarios es una media entre las distancias entre dichas plantas y todas las capitales de provincia de España, dado que no sería práctico calcular la distancia a cada concesionario concreto.
- En la fase de mantenimiento, la energía y las emisiones son funciones lineales de la vida útil, en kilómetros.
- Los procesos de drenaje y desmantelamiento en la fase de final de vida tienen un consumo de energía despreciable respecto del total.

- En la fase de reciclado la energía, los consumos y las emisiones también son funciones lineales del peso.
- En algunos casos, que se indican en cada apartado, no ha sido posible encontrar datos fiables sobre emisiones de los propios procesos, dejando simplemente indicadas las correspondientes a producción de electricidad y energía térmica.
- Para hacer el estudio por segmentos de vehículos, se ha tomado un peso medio en cada uno de ellos de entre todos los que se fabrican en España.

4. PRODUCCIÓN DE MATERIALES

4.1. Objetivo y alcance

El objetivo para la etapa de producción de materiales es obtener unas estimaciones lo más fiables posible del proceso de extracción y procesado de los materiales.

Se han tomado datos de la bibliografía (Weiss et al., 2000 y Zamel, N., 2006) así como de la base de datos del programa GaBi 4. Todos ellos vienen expresados en forma de consumo de energía primaria. El alcance de esta etapa se centra en la producción de los materiales que se reflejan en la tabla.

Tabla 1. Fuentes de información para la producción de materiales

Fuente	Material
GaBi 4	Aluminio, Acero, Cobre, Plomo, Zinc, Líquidos, Plásticos.
Bibliografía	Vidrio, Plásticos, Cauchos, Otros.

Fuente: Elaboración propia

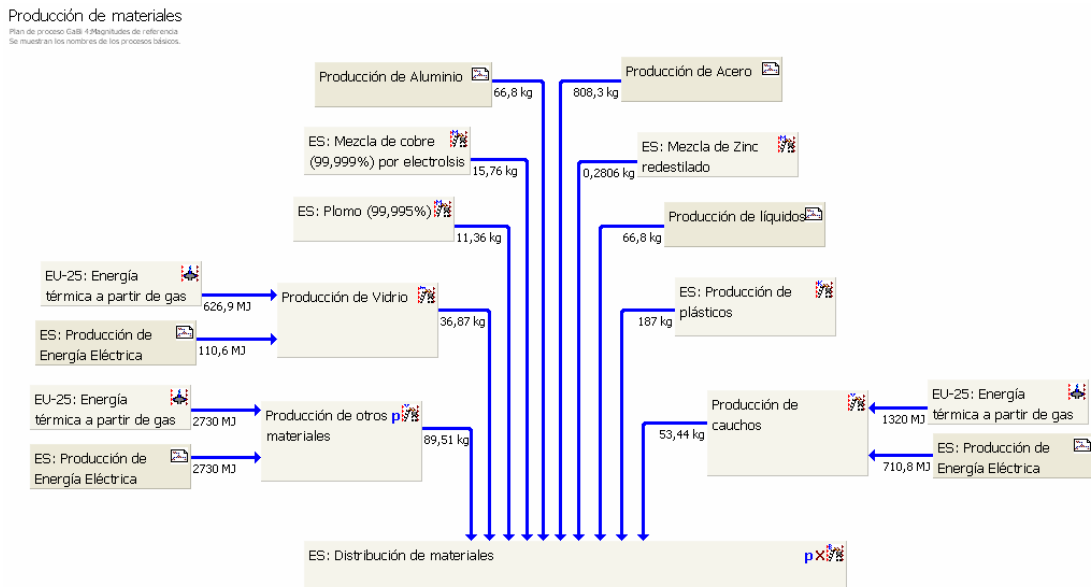
Algunos comentarios previos a este apartado son los siguientes:

- Se ha dividido la obtención, tanto de aceros como de aluminios, en sus diferentes subclases, a fin de mejorar la concreción del modelo.
- No se ha podido hacer lo mismo con los plásticos, y el material genérico “otros”, pues no se disponía de datos suficientes.
- El material “otros” comprende adhesivos, tapicería, pinturas, platino, estaño, latón, ácido sulfúrico, etc. Son materiales minoritarios, pero tan diferentes entre ellos que no se podían clasificar en ningún otro apartado.
- Para los materiales de los que se toman los datos de la bibliografía no se disponía de datos sobre emisiones, por lo que se ha supuesto que éstas se deben sobre todo a la producción de energía eléctrica y térmica.
- No se ha considerado la producción de recursos auxiliares, como gas de soldadura, agua, aire comprimido, etc.

4.2. Metodología y modelo matemático

Este es el esquema que se ha seguido para esta etapa.

Figura 7: Esquema de la producción de materiales



En las dos figuras siguientes se comparan gráficamente los flujos de masa y energía; el grosor de los flujos es proporcional a la cantidad correspondiente.

Figura 8: Esquema de la producción de materiales (flujos de masa)

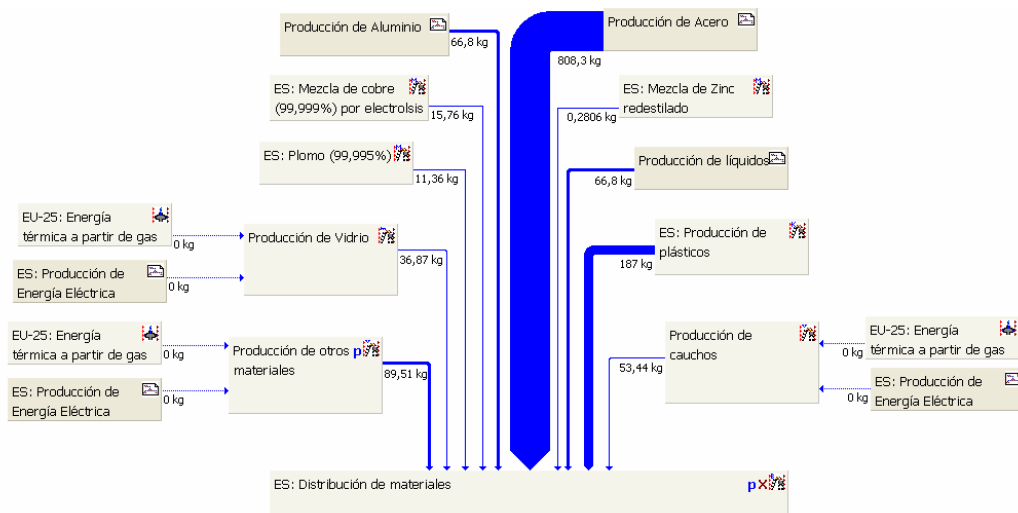
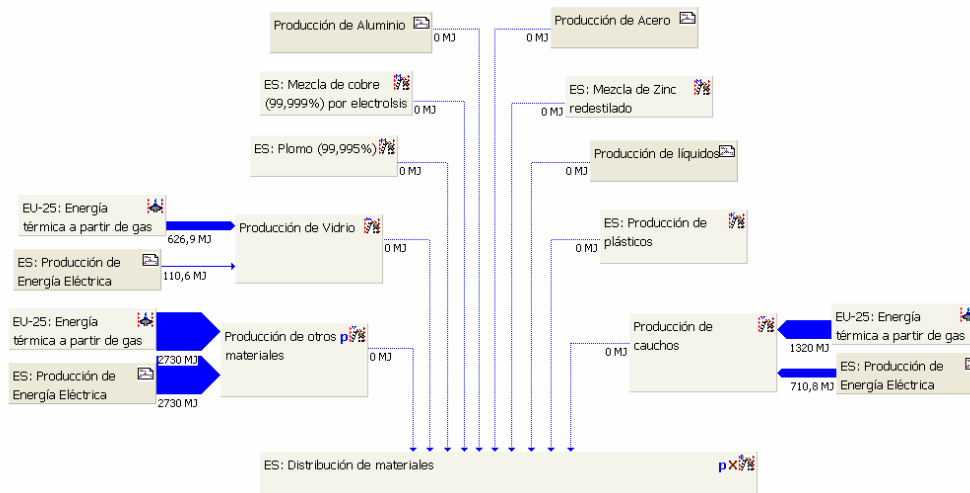


Figura 9: Esquema de la producción de materiales (flujos de energía)



Es necesario aclarar que en la producción de acero, aluminio, cobre, plomo, zinc, líquidos y plásticos, los flujos de energía son internos y, por tanto, no aparecen en la figura. Por otro lado, las salidas de todos estos procesos que van hacia la siguiente etapa son sólo los propios materiales, por lo que tampoco hay representados flujos de energía.

Se puede comprobar cómo el acero es el material predominante. Hay que tener en cuenta que cada material tiene una densidad diferente, y que el cálculo se ha hecho por masa. Esto quiere decir que aunque se necesite una gran cantidad de plásticos, por ejemplo, estos son muy poco densos, su peso relativamente bajo, y por tanto la energía total requerida también relativamente baja. De todo esto se deduce que es importante encontrar una estimación lo más exacta posible de la composición del vehículo.

Para determinar dicha composición se ha consultado en la bibliografía. Para turismos se han encontrado datos de diversas fuentes, aportando todas ellas estimaciones parecidas en porcentaje. Sin embargo, con respecto a los vehículos industriales, sólo de dispone de una fuente (*Gaines, L. et al, 1998*). En este informe se muestra una composición para un camión típico americano, que se ha tomado como referencia.

Se ha empleado la siguiente distribución de materiales:

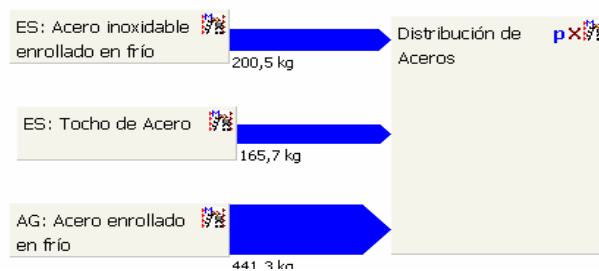
Tabla 2. Distribución de materiales

Material	Porcentaje (% en peso)	
	Turismos y Todo-Terreno	Vehículos industriales
Acero	60,5	75,5
Plásticos	14	5
Aluminio	5	5,45
Líquidos	5	0,96
Cauchos	4	8,17
Vidrio	2,76	0,62
Cobre	1,18	1,48
Plomo	0,85	0,81
Zinc	0,021	0
Magnesio	0	0
Otros materiales	6,7	1,94
Total	100	100

Fuente: Elaboración propia

Se ha empleado la siguiente distribución de aceros (tomada de los datos de *Sullivan J.L., Williams, R.L., 1998*):

Figura 10: Esquema de la producción de aceros



Se puede comprobar de nuevo que el grosor de las flechas es proporcional a la cantidad de material que representa.

Tabla 3. Distribución de aceros

Tipo	Porcentaje (del total de aceros, % en peso)
Acero de fundición	20,5
Acero enrollado en frío	54,6
Acero inoxidable	24,8
Total	100

Fuente: Sullivan J.L., Williams, R.L.(1998)

Se ha empleado la siguiente distribución de aluminios (tomada de los datos de Sullivan J.L., Williams, R.L., 1998):

Figura 11: Esquema de la producción de aluminios

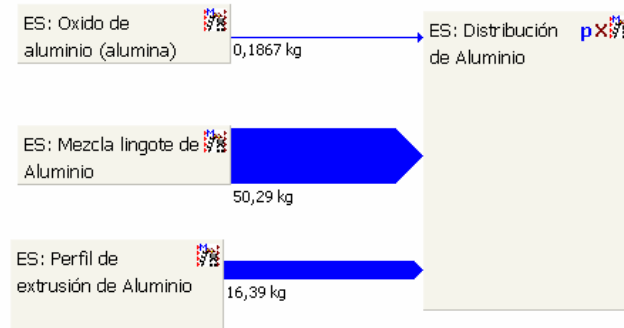


Tabla 4. Distribución de aluminios

Tipo	Porcentaje (del total de aluminio, % en peso)
Aluminio extruido	24,5
Aluminio de fundición	75,3
Alúmina	0,28
Total	100

Fuente: Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)

Se ha empleado la siguiente distribución de líquidos (tomada de los datos de Sullivan J.L., Williams, R.L., 1998):

Figura 12: Esquema de la producción de líquidos

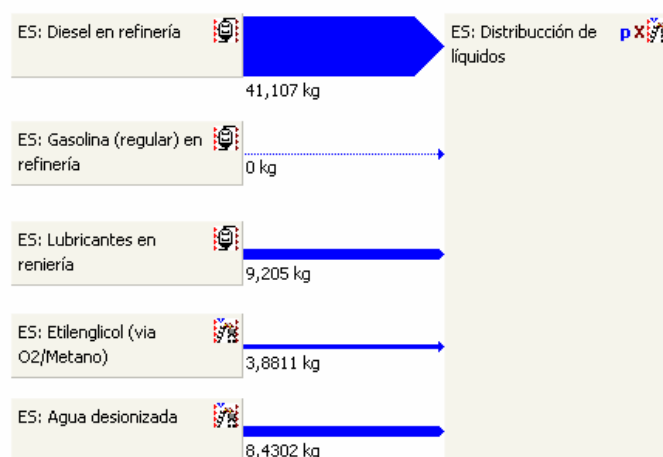


Tabla 5. Distribución de líquidos

Líquido	Porcentaje (del total de líquidos, % en peso)
Diesel	61,5/0
Etilenglicol	5,81
Gasolina	0/61,5
Lubricantes	13,8
Agua	12,6
Total	93,75

Fuente: Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)

Hay que resaltar que en este último esquema aparece un flujo nulo de gasolina. Esto se debe a que el modelo es configurable, y se puede especificar independientemente de si el vehículo funciona con gasolina o gasóleo. Esta elección afecta al consumo de energía en la producción en refinería de un combustible u de otro, pero no varía significativamente la energía total. También se puede observar que el total no corresponde a un 100%. Esto se debe a que el programa GaBi 4 no disponía de información suficiente para recoger todos los líquidos, pero se ha considerado que sí se ha contabilizado la mayor parte.

Según las hipótesis del apartado 2.3.2., el modelo matemático consiste en relaciones lineales entre energía/emisiones y el peso de cada material. Como se verá más adelante, esta es la fase más costosa a nivel energético después de la de uso, por lo que se ha tenido especial cuidado en la fiabilidad y consistencia de los datos.

En esta fase las entradas consisten en energía y minerales, y las salidas material procesado y emisiones (atmosféricas, al agua y al suelo), principalmente. También existe un calor desaprovechado.

La bibliografía proporciona datos sobre energía primaria consumida para materiales primarios (100% nuevos), y materiales secundarios (100% reciclados). Se ha supuesto que la realidad es un estado intermedio, pero diferente a cada material.

Sí se conoce que en el caso de los metales, la proporción secundario/total no suele sobrepasar del 30%, ya que los fabricantes prefieren asegurar la calidad del material por razones de seguridad. En algunos casos (acero, aluminio, cobre, zinc, plomo y líquidos), el propio GaBi 4 proporciona esta información. En la siguiente tabla se exponen los datos tomados el GaBi 4 y las estimaciones que se han hecho para el resto de los materiales.

Tabla 6. Distribución de materiales primarios/secundarios

Metal	% material nuevo	% material reciclado
Metales férricos	70	30
Aluminio	85	15
Plásticos	95	5
Vidrios	80	20
Magnesio	70	30
Cobre	70	30
Zinc	70	30
Plomo	70	30
Cauchos	90	10
Níquel	70	30
Otros	90	10

Fuente: GaBi 4/Elaboración propia

Por otro lado, la bibliografía tampoco aporta información sobre emisiones. Como se ha comentado, se ha supuesto que éstas se deben principalmente a la producción de energía en los casos en los que no se conozcan más datos, pero se desconocía la relación entre energía eléctrica y térmica. Se ha hecho una estimación, basándose en el tipo de proceso “genérico” de extracción de cada uno:

Tabla 7. Distribución de energía eléctrica/térmica

	% Electricidad	% E. Térmica
Vidrios	15	85
Cauchos	35	65
Otros	50	50

4.3. Resultados

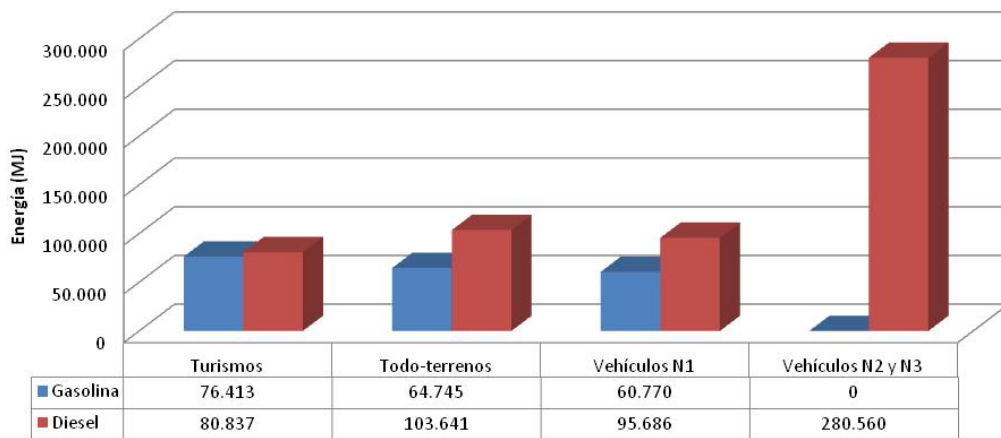
A continuación se muestran los resultados para esta etapa, comparando los diferentes tipos de vehículos que se fabrican en España. Para cada segmento se ha tomado un peso medio de entre todos los vehículos fabricados en nuestro país. En el apartado 8 se muestran dichos valores, así como la desviación típica observada.

Por otro lado, como se comentó en un apartado 3., se ha hecho la distinción entre vehículos con motores de gasolina y los que poseen motores de gasoil, ya que sus pesos promedio son diferentes.

El campo con valor nulo no tiene registro para ese segmento (vehículos N2 y N3).

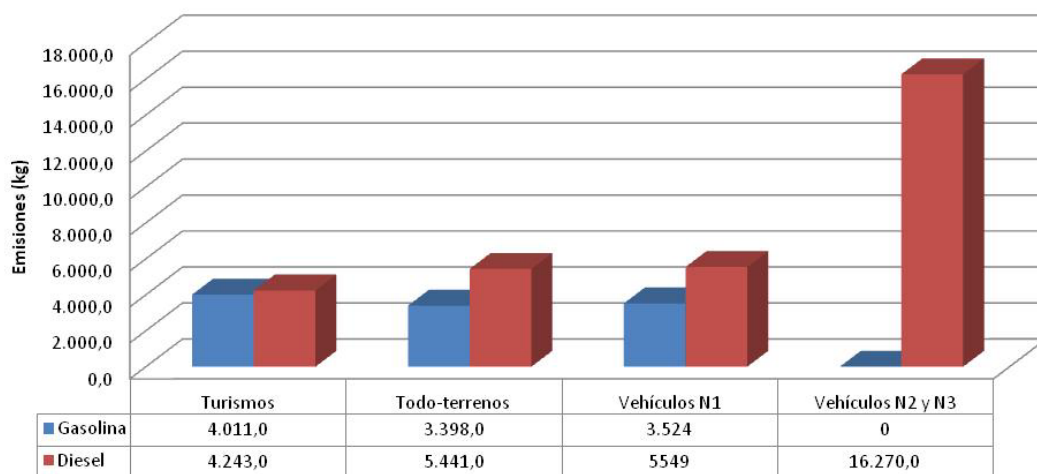
El dato correspondiente a todo-terrenos de gasolina no es muy representativo al basarse en un único modelo producido en España (Suzuki Jimny).

Figura 13: Energía consumida en Producción de Materiales



Como se puede observar, la cantidad de energía necesaria para producir los materiales que necesita un vehículo para ser fabricado es enormemente alta, sobre todo en el caso de los N2 y N3, aunque dicha cantidad será pequeña en comparación con la necesaria para el posterior uso habitual.

Figura 14: Emisiones de CO₂ en producción de materiales



Resulta curioso el hecho de que, a pesar de ser un modelo en el que las emisiones son proporcionales a la energía, la constante de proporcionalidad es mayor en vehículos de uso profesional que en vehículos de uso privado. Esto se debe al hecho de que los primeros tienen un mayor porcentaje en acero, cuyo proceso productivo es más contaminante que el de otros, como ya se comentó en el apartado 4.2.

En el apartado 8 se expone una comparativa entre las etapas para un mismo vehículo, en el que se puede observar mejor que esta etapa es la más exigente a nivel energético y también la más contaminante, por lo que los procesos implicados en ella deberían ser el principal objetivo a la hora de aplicar nuevas políticas o tecnologías que busquen reducir las emisiones contaminantes.

A nivel de diseño del vehículo, se ha observado que se puede reducir el consumo de energía mediante:

- La reducción del peso global del vehículo.
- La reducción de la proporción de acero a favor de otros materiales más ligeros. Existen publicaciones con resultados de estudios de la viabilidad energética y económica de esta alternativa.
- El aumento de la proporción de materiales secundarios (reciclados) sobre el total.
- El aumento de rendimiento en la obtención de energía eléctrica. Es en esta etapa donde esta mejora tendría más impacto, aunque es evidente que debido a la utilización masiva de esta forma de energía, todos los procesos mejorarían su eficiencia.

5. ENERGÍA Y EMISIONES EN FABRICACIÓN Y MONTAJE

5.1. Objetivo y alcance

Se trata de obtener una estimación para comparar vehículos de distintos segmentos, tanto turismos como industriales, en su fase de fabricación y montaje.

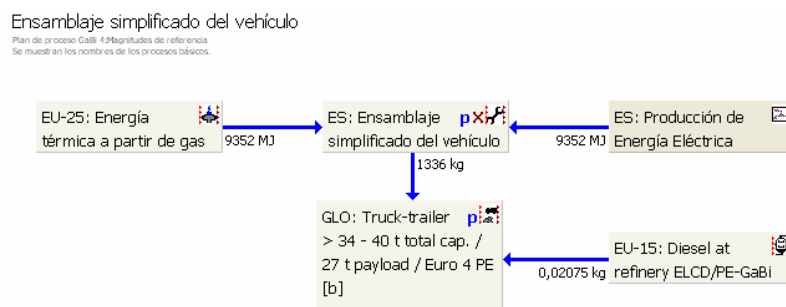
El alcance se comentó en un apartado anterior. Algunos comentarios adicionales son los siguientes:

- Debido a que el objetivo es predominantemente de consumo energético y emisiones, no se ha considerado el consumo de recursos auxiliares, como gas de soldadura, agua, aire comprimido, etc.
- De nuevo, la energía consumida proviene de electricidad y energía térmica. El reparto es del 50/50. Esta aproximación proviene de *Schweimer, G. (2000)* y *Zamel, N., (2006)(2)*.
- Las emisiones también provienen principalmente de la producción de energía. Sin embargo, para esta etapa se ha podido hacer una estimación de emisiones en las plantas de producción. La información se ha tomado de la declaración ambiental de Volkswagen Navarra S.A. (2005).
- El consumo debido a transporte de materiales a la planta se incluye dentro de la fabricación. Esta simplificación proviene de *Keoleian, A.G., (1998)*.

5.2. Metodología y modelo matemático

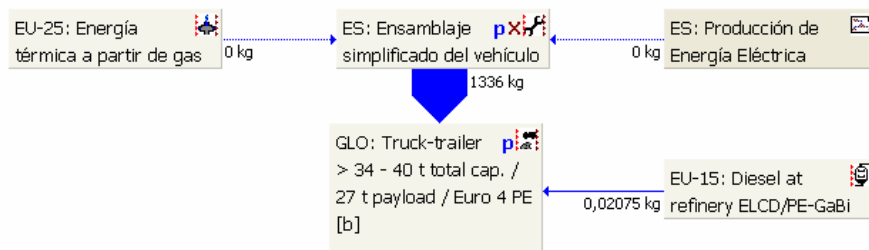
Este es el esquema que se ha seguido para esta etapa:

Figura 15: Esquema de la fabricación y montaje



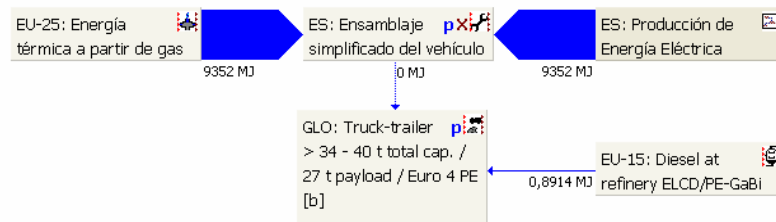
En las dos figuras siguientes se comparan gráficamente los flujos de masa y energía; el grosor de los flujos es proporcional a la cantidad correspondiente.

Figura 16: Esquema de la fabricación y montaje (flujos de masa)



En la figura 17 se puede observar cómo la electricidad requerida tiene el mismo valor que la energía térmica.

Figura 17: Esquema de la fabricación y montaje (flujos de energía)



Según las hipótesis del apartado 2.3.2., el modelo matemático consiste en una relación lineal entre energía/emisiones y el peso de del vehículo.

Esta fase es menos costosa a nivel energético que la etapa anterior, pero todavía tiene una importancia relativamente alta. Por ello se ha tomado como referencia para ajustar la constante de linealidad el estudio de *Schweimer, G. (2000)*, el cual es el más aproximado tanto temporal como geográficamente. Se ha fijado dicha constante en 31,2 MJ/(kg vehículo) de energía primaria.

$$EnergíaFabricación(MJ / veh) = 31,2(MJ / kg) \times Pesovehículo(kg) \quad [1]$$

Para el transporte de los vehículos a los concesionarios, se ha supuesto una distancia media entre la planta y las capitales de provincia de toda España, resultando un valor de 500 km. Este valor tan alto se debe a que la mayoría de fabricantes sólo tienen una planta en España o bien se fabrican diferentes modelos en cada una y por lo tanto se debe repartir los vehículos fabricados a todo el país desde una única planta cada modelo. Se ha podido comprobar que mayor precisión en este valor para las distintas provincias no redundaría en cambios significativos en la energía total consumida.

El medio de transporte que se ha elegido es un camión-semirremolque con capacidad para 27 t, con un grado de ocupación del 90%. En la tabla 8 se resumen sus características.

Tabla 8. Características del camión-semirremolque utilizado

	Cantidad
Fracción recorrida en autopista/autovía (%)	47,3 (82 km/h)
Fracción recorrida fuera de ciudad (%)	27,8 (70 km/h)
Fracción recorrida en ciudad (%)	24,9 (27 km/h)
Consumo gasóleo (MJ/km)	0,891
Emisiones CO ₂ (kg/km)	0,065
Emisiones CO (kg/km)	7,93E-05
Emisiones NO _x (kg/km)	3,96E-04
Emisiones partículas (kg/km)	2,97E-06

Fuente: GaBi 4 /MEET 1999

El hecho de que sea este tipo de transporte el habitual se ha tomado de la bibliografía (Schweimer, G.W., 2000). Para simplificar, se considera que la carga siempre es la nominal. Los datos de consumo y emisiones provienen de un proceso de GaBi 4, en el que se puede ajustar la proporción de kilómetros por tipo de carretera. Esta proporción se ha tomado de MEET, cuyos datos corresponden al año 1995. Para abastecer al camión-semirremolque, se ha supuesto que el combustible es gasóleo, obtenido de refinería, mediante un proceso simplificado del mismo programa.

5.3. Resultados

A continuación se exponen los resultados obtenidos para esta etapa. Las observaciones sobre el gráfico son las mismas que para la etapa anterior.

Figura 18: Energía consumida en Fabricación y Montaje

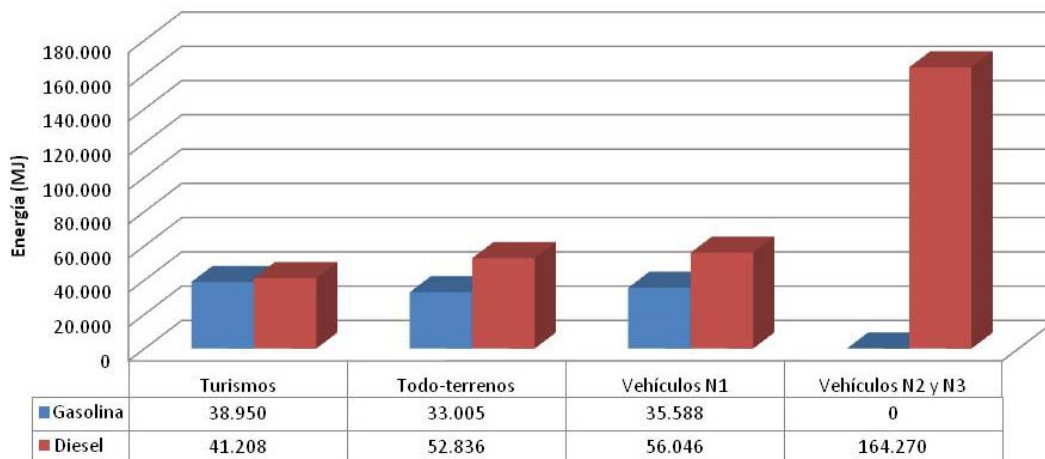
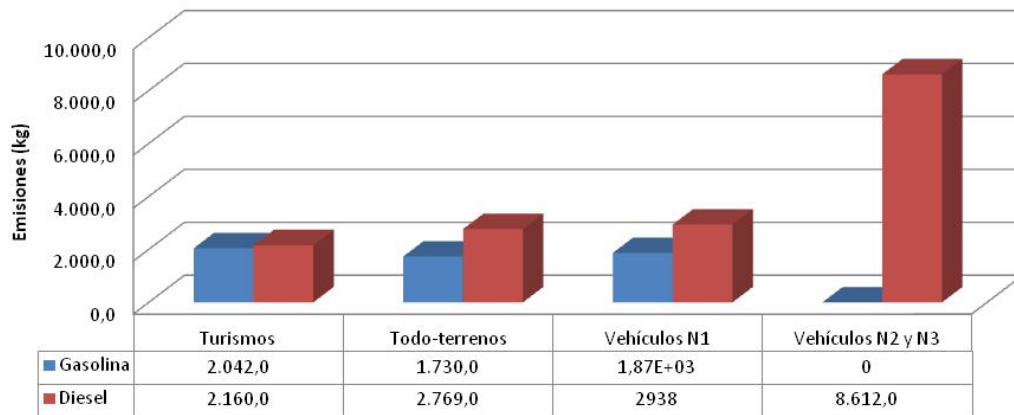


Figura 19: Emisiones de CO₂ en Fabricación y Montaje



A diferencia de la etapa anterior, tanto la energía necesaria como las emisiones tienen una constante de proporcionalidad fija para todos los segmentos, ya que no depende de la composición de cada vehículo.

Esta es la etapa en la que los fabricantes tienen más posibilidades de actuación, ya que los procesos tienen lugar en sus propias plantas. Sin embargo, no hay que olvidar que el conjunto de proveedores consume más energía al fabricar las piezas que los propios fabricantes de automóviles en las plantas de producción, si bien es cierto, que cada uno de ellos tiene una influencia limitada.

Debido a este hecho, es necesario que no sólo las grandes marcas hagan esfuerzos encaminados a disminuir el impacto ambiental, sino también las empresas que fabrican componentes.

Las mejoras posibles en esta etapa son sobre todo tecnológicas o bien de organización de la producción de las propias empresas. Las comentadas en la etapa anterior son también válidas ahora.

6. MANTENIMIENTO

6.1. Objetivo y alcance

En esta fase la variabilidad entre los resultados de los distintos estudios es muy alta debido a que no existe una metodología clara y cada autor ha considerado el modelo que ha estimado más oportuno.

Para esta monografía, se ha obtenido el modelo de *Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)*, pues era el más concreto, y de metodología mejor explicada.

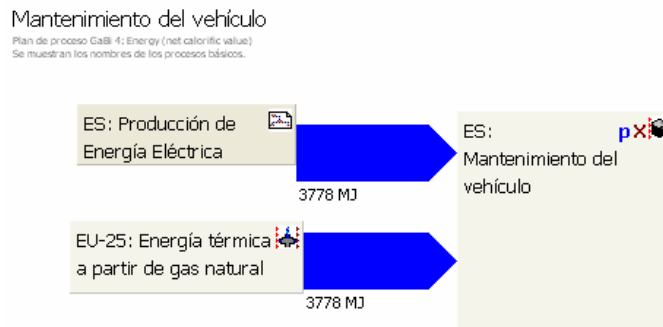
El objetivo pues, consiste en calcular de la forma más aproximada posible el consumo energético que supone el fabricar tanto las piezas como los líquidos de repuesto que sirven de recambio a las que se van desgastando o destruyendo debido a mantenimiento tanto preventivo como correctivo.

No se han considerado otras operaciones, como el lavado, por la falta de información para realizar estimaciones.

6.2. Metodología y modelo matemático

Este es el esquema que se ha seguido para esta etapa. Se comparan gráficamente los flujos de energía; el grosor de los flujos es proporcional a la cantidad correspondiente.

Figura 20: Esquema del mantenimiento



Debido a la falta de un modelo establecido, se ha supuesto una relación lineal entre energía, vida útil y peso de cada vehículo. Ya que existe una gran variabilidad entre dos vehículos similares a la hora de evaluar el mantenimiento necesario, no se puede garantizar la fiabilidad de los datos ni cuánto se aproximan a la realidad. Estas son las relaciones empleadas, expresadas en términos de energía primaria:

$$EnergíaMantenimiento(MJ / veh) = -19344 + 5,89xPesovehículo(kg) + 0,1415xVidaÚtil(km)$$

Al igual que para la etapa de fabricación, se ha supuesto que las emisiones se deben principalmente a la producción de energía eléctrica y térmica. De nuevo se ha supuesto una distribución de éstas de 50/50, debido a la similitud entre las etapas.

En la tabla 9 se expone el modelo de reposición de líquidos y piezas de repuesto que se ha utilizado para los turismos, tomado de *Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)*.

Tabla 9. Mantenimiento previsto

Recambio	Cantidad	Unidad
Líquido de frenos	3	Litros
Refrigerante del motor	22,2	Litros
Aceite del motor	78,1	Litros
Líquido del limpiaparabrisas	44	Litros
Filtro del aire	4,3	Piezas
Batería	1,7	Piezas
Pastillas de freno	1	Conjunto
Faros	3,5	Piezas
Sistema de escape	1	Conjunto
Filtro del aceite	15,7	Piezas
Correa de distribución	2	Piezas
Amortiguadores	1	Conjunto
Bujías	16	Piezas
Neumáticos	2	Conjunto
Parabrisas	1	Piezas
Escobillas del parabrisas	18,7	Piezas

Fuente: Sullivan J.L., Williams, R.L. (1998)

La vida útil prevista es de 200.000 km aproximadamente para turismos y todo-Terrenos de 250.000 km para vehículos N1 (Fuente: *Comission of the european countries*, 2007), y 400.000 km para vehículos N2 y N3 (Fuente: ARTEMIS, 2005).

6.3. Resultados

A continuación se exponen los resultados obtenidos para esta etapa. Las observaciones sobre el gráfico son las mismas que para la etapa anterior.

Figura 21: Energía consumida en Mantenimiento del Vehículo

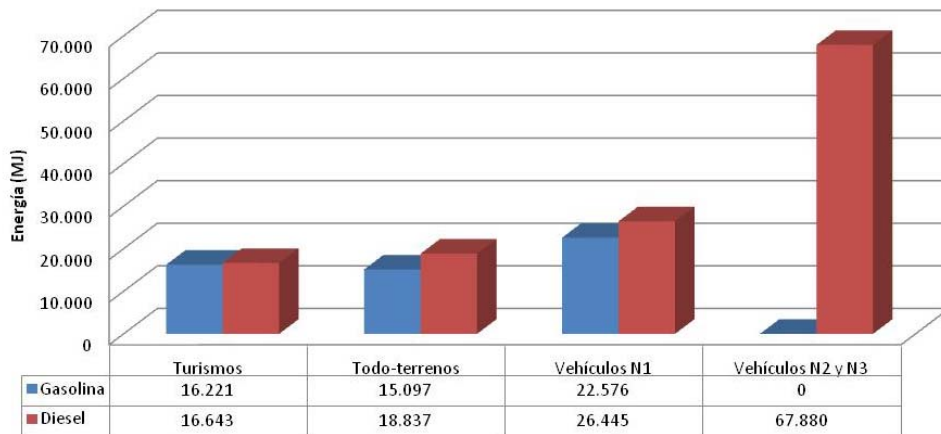
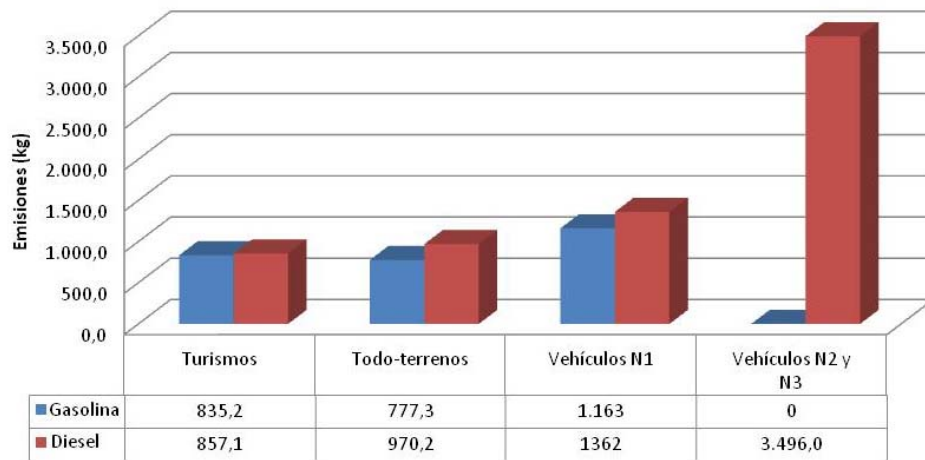


Figura 22: Emisiones de CO₂ en Mantenimiento del Vehículo



Se puede observar que la relación entre la energía consumida y las emisiones entre los diferentes tipos de vehículo es muy similar a la de las etapas anteriores. Lógicamente, la cantidad de piezas/líquidos de repuesto necesarios para un vehículo depende de muchas más variables que las consideradas, como el estilo de conducción de cada conductor, posibles accidentes, etc.

También existirá gran variabilidad en la vida útil de cada vehículo, por lo que aunque se ha usado un valor de referencia para cada grupo de segmentos, estos no tienen por qué ser reales siempre.

A pesar de que los valores absolutos no sean demasiado fiables, sí se puede afirmar que en relación con las etapas anteriores los consumos y las emisiones son menores.

Las mejoras posibles en este campo son difíciles de evaluar, aunque en general sería deseable que todos los vehículos fueran más fiables y necesitaran menos mantenimiento.

7. ENERGÍA Y EMISIONES EN EL FINAL DE VIDA ÚTIL

7.1. Objetivo y alcance

Al igual que en la etapa anterior, no existe una metodología clara para hacer cálculos sobre esta fase, pues la energía invertida respecto de la total, en relación a las demás etapas es prácticamente despreciable. Debido a ello, varios autores no la han considerado, o bien han estimado un proceso ideal.

En esta última fase se han planteado tres procesos principales:

- *Descontaminación del vehículo:* Se recogen todos los líquidos; aceites, combustibles y sustancias peligrosas en general. Se realiza en un CAT (Centro Autorizado de Tratamiento).
- *Desmantelamiento:* Se desmontan todos los componentes aprovechables comercialmente. También se obtiene una parte de chatarra. Se realiza en un CAT, al igual que el proceso anterior.
- *Fragmentación:* Se separan los metales (residuo pesado de fragmentación) y los plásticos (residuo ligero de fragmentación) principalmente, aprovechables por fundición.

El alcance se comentó en un apartado anterior.

Algunos comentarios adicionales son los siguientes:

- Se consideran despreciables a nivel de consumo de energía: Transporte del vehículo al desguace, la descontaminación, la compactación y el transporte del vehículo compactado del desguace a la fragmentadora.
- El modelo para la fragmentación se ha obtenido de la base de datos de GaBi 4. Es un modelo lineal con el peso del vehículo compactado que llega a las instalaciones.
- No se consideran los procesos de reciclado, valorización energética, etc., por considerar que la energía recuperada no siempre repercute directamente en el ciclo de vida del vehículo.

Tabla 9: Porcentaje en peso de materiales recuperados

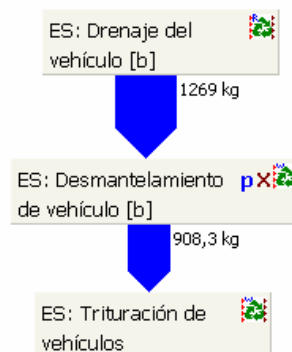
	Porcentaje (% en peso)
Líquidos	5
Vidrio	1,5
Textiles	0,4
Baterías	0,9
Plásticos	0,3
Filtros	0
Catalizadores	0,6
Airbags	0,3
Neumáticos	2,9
Parachoques	0,3
Chatarra	19,6
Residuo ligero de fragmentación	15,7
Residuo pesado de fragmentación	51,5
Total	98,7

Fuente: SIGRAUTO (2001) y elaboración propia

7.2. Metodología y modelo matemático

Figura 23: Esquema del final de vida útil (flujos de masa)

Final de Vida del Vehículo
 Plan de proceso GaBi 4: Masas
 Se muestran los nombres de los procesos básicos.



Debido a lo comentado en el apartado anterior, el balance es fundamentalmente de masa, reduciéndose el consumo de energía y emisiones al último proceso: la fragmentación.

En la siguiente tabla se exponen los valores de las sustancias y componentes que se han recuperado.

Por residuo ligero de fragmentación se entiende plásticos y otros materiales ligeros; por residuo pesado de fragmentación se entiende metales, tanto férricos, como no férricos.

7.3. Resultados

A continuación se exponen los resultados obtenidos para esta etapa. Las observaciones sobre el gráfico son las mismas que para la etapa anterior.

Figura 24: Energía consumida en Final de Vida útil

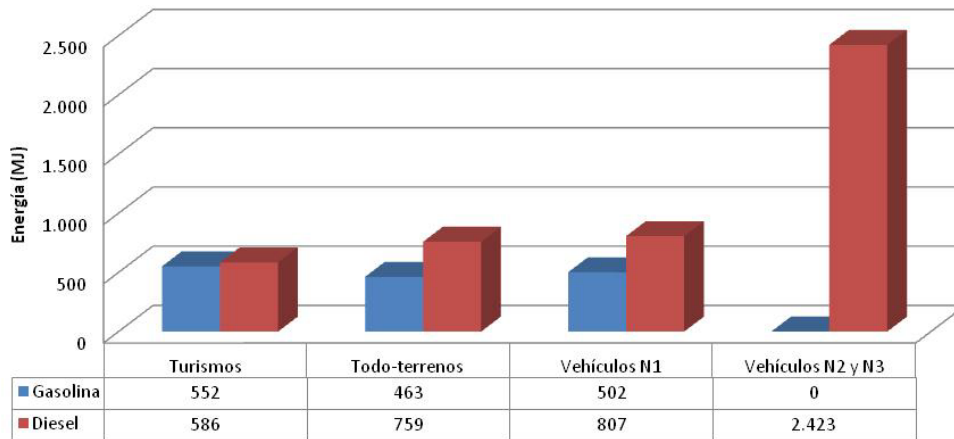
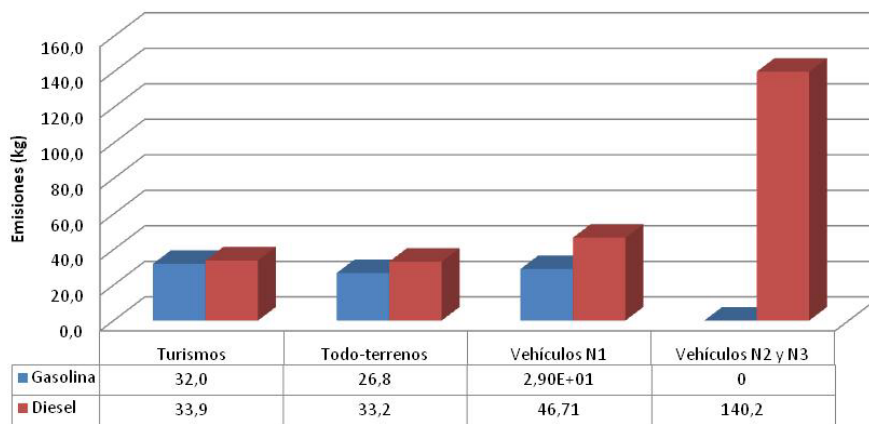


Figura 25: Emisiones de CO₂ en Final de Vida Útil



Se aprecia que siguen la misma tendencia que en las fases anteriores. Al igual que en la fabricación y montaje la constante de proporcionalidad entre energía/emisiones y el peso es igual para todos los segmentos y no depende de la composición del vehículo, pues la cantidad de materiales recuperados viene dada por el proceso de GaBi 4 y no es modificable.

Como se puede observar, los consumos y las emisiones obtenidos son muy bajos comparados con el total, por lo que mejoras en estos campos no tendrán un impacto muy significativo.

Las mejoras en este campo pueden ser, sobre todo, de aprovechamiento de materiales para su reutilización (mayor proporción de materiales reciclados, apartado 4.3) o bien para la obtención de energía (valorización energética; p. ej., incineración de neumáticos). En este último campo se están haciendo progresos, como muestra el estudio de *SIGRAUTO (2001)*. Existe todavía un gran potencial de mejora en el aprovechamiento energético de automóviles usados.

8. RESULTADOS TOTALES DE CONSUMO DE ENERGIA Y EMISIONES

En las dos tablas siguientes se resumen los resultados expuestos en los apartados anteriores. Se puede observar de nuevo la división en cuatro etapas:

- PM-> Producción de materiales.
- PV-> Producción del vehículo
- MV-> Mantenimiento del vehículo
- FVU -> Final de vida útil

Tabla 10. Resultados totales para motorizaciones de gasóleo

	Turismos	Todo-Terrenos	Vehículos N1	Vehículos N2 y N3
<i>Peso medio (kg)</i>	1.336	1.713	1.817	5.327
Energía				
PM (MJ/veh)	80.837	103.641	95.686	280.560
PV (MJ/veh)	41.208	52.836	56.046	164.270
MV (MJ/veh)	16.643	18.837	26.445	67.880
FVU (MJ/veh)	586	759	807	2.423
Total (MJ/veh)	139.274	176.073	178.984	515.133
Emisiones CO₂				
PM (kg CO ₂ /veh)	4.243	5.549	5.549	16.270
PV (kg CO ₂ /veh)	2.160	2.938	2.938	8.612
MV (kg CO ₂ /veh)	857,1	970,2	1.362	3.496
FVU (kg CO ₂ /veh)	33,9	33,2	46,7	140,2
Total(kg CO₂/veh)	7.294	9.490,4	9.895,7	28.518,2

Tabla 11. Resultados totales para motorizaciones de gasolina

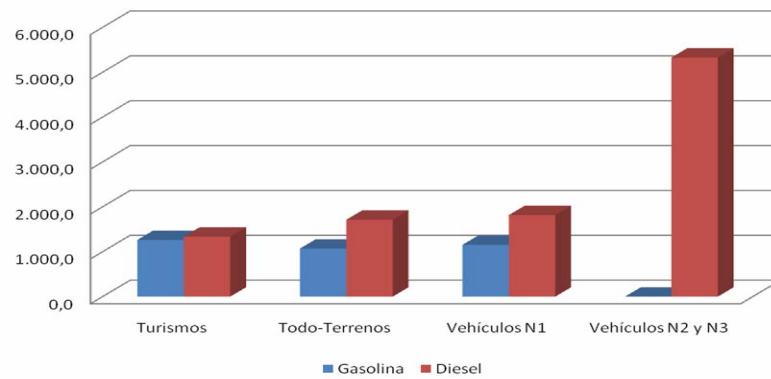
	Turismos	Todo-Terrenos	Vehículos N1	Vehículos N2 y N3
<i>Peso medio (kg)</i>	1.263	1.070	1.154	N/A
Energía				
PM (MJ/veh)	76.413	64.745	60.770	N/A
PV (MJ/veh)	38.950	33.005	35.588	N/A
MV (MJ/veh)	16.221	15.097	22.576	N/A
FVU (MJ/veh)	552	463	502	N/A
Total (MJ/veh)	132.136	113.310	119.436	N/A
Emisiones CO₂				
PM (kg CO ₂ /veh)	4.011	3.398	3.524	N/A
PV (kg CO ₂ /veh)	2.042	1.730	1.866	N/A
MV (kg CO ₂ /veh)	835,2	777,3	1.163	N/A
FVU(kg CO ₂ /veh)	32	26,8	29	N/A
Total (kgCO ₂ /veh)	6.920,2	5.932,1	6.582	N/A

Es necesario hacer algunas aclaraciones sobre las tablas:

- Los pesos medios se han tomado con respecto a los vehículos fabricados en España. Dichos modelos han sido consultados en la bibliografía (ICA, 2006).
- Sólo se fabrica un modelo de todo-terreno de gasolina en nuestro país, el Suzuki Jimny, de reducidas dimensiones, por lo que los resultados para estos vehículos no son representativos del total de todo-terrenos con esta motorización.
- El peso medio de los vehículos N1 de gasóleo es relativamente bajo debido en parte al peso reducido de los vehículos comerciales ligeros, que son voluminosos, pero con gran cantidad de espacio vacío; por ello su peso total sin carga no es tan alto como puede parecer a simple vista. El peso sin carga de las furgonetas y los camiones ligeros tampoco es demasiado alto.
- Los resultados para vehículos N1 de gasolina son solamente de vehículos comerciales derivados de turismo, pues no se fabrican furgonetas ni camiones ligeros con motores de gasolina.
- Tampoco se fabrican camiones pesados (N2 y N3) con motores de gasolina.

A continuación se expone gráficamente la comparación entre los pesos medios tomados, pudiéndose apreciar con claridad las diferencias entre los distintos valores, así como las diferencias entre motorizaciones de gasóleo y de gasolina.

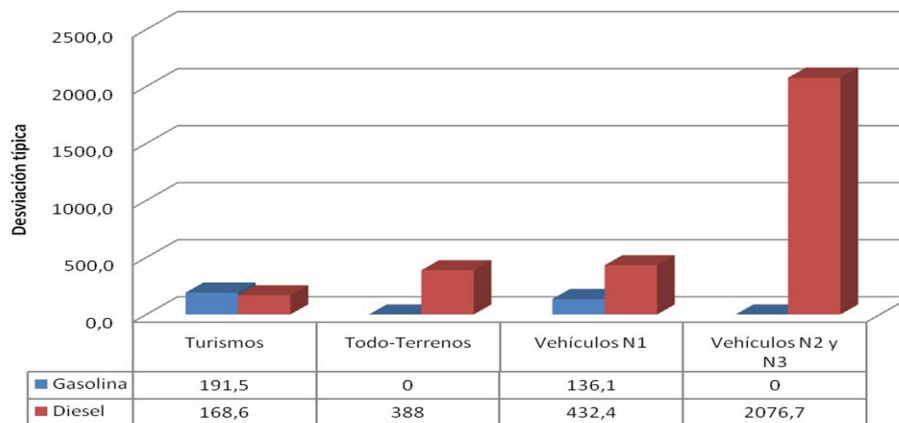
Figura 26: Peso medio por de los vehículos por segmento



Fuente: Elaboración propia

Se ha incluido la desviación típica de los pesos medios, con el objetivo de mostrar la enorme variabilidad que existe dentro de cada segmento, especialmente en los industriales pesados, debido a la gran variedad de oferta que existe en este segmento. En el resto de resultados la tendencia es muy similar.

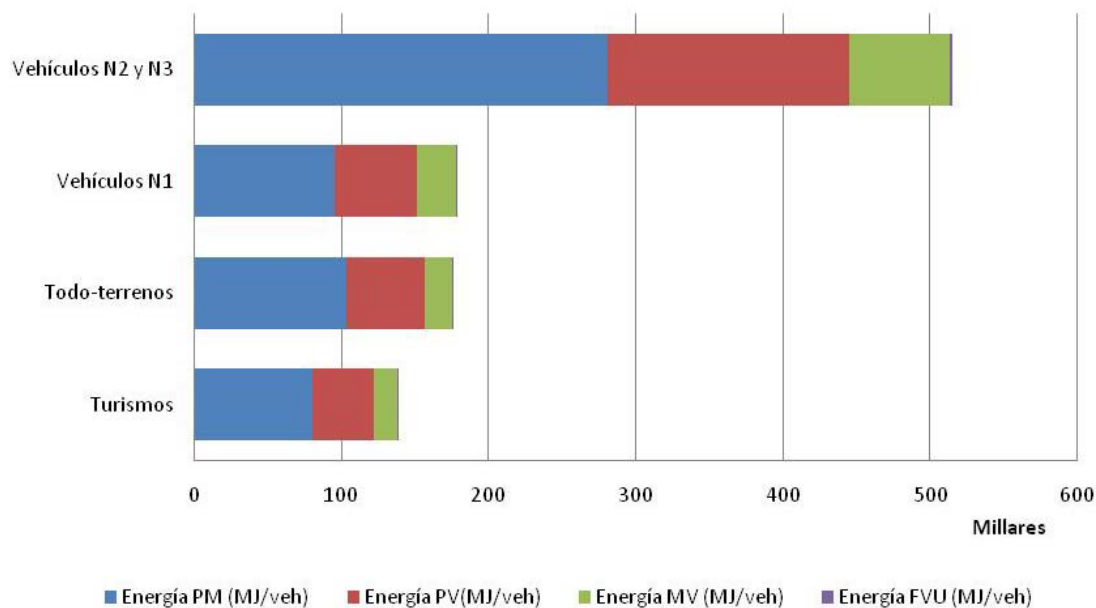
Figura 27: Desviación típica del peso medio de los vehículos



Fuente: Elaboración propia

Los siguientes gráficos muestran resultados obtenidos para la totalidad de la vida útil de los distintos vehículos (excluyendo la de uso, fuera del alcance de este estudio). El desglose por etapas se puede consultar en los apartados correspondientes. Se expone la comparación entre dichas etapas de los consumos de energía y emisiones, de modo que se pueda visualizar más fácilmente la diferencia entre ellas. Estas diferencias ya se han comentado con anterioridad.

Figura 28: Energía primaria en vehículos de gasóleo (MJ/veh)



En esta gráfica se puede ver la relación entre las distintas etapas. Por ejemplo, en los turismos de gasóleo, la producción de materiales representa un 58% del total, la fabricación un 30%, el mantenimiento un 12% y el final de vida útil un 0,4%. Hay que recordar que el total en este caso no es toda la vida útil, sino sólo las etapas de este estudio. De esta forma se comprende que los autores de estudios anteriores no hayan prestado demasiada atención a la fiabilidad de resultados en esta última fase.

En los vehículos de uso profesional estos porcentajes varían ligeramente al variar la proporción de cada material (más acero y menos plásticos y aluminio), y aumentar la energía destinada al mantenimiento. Si observamos la categoría N1, por ejemplo, la producción de materiales representa un 53%, la fabricación un 31%, el mantenimiento un 15% y el final de vida útil un 0,45%. En las categorías N2 y N3 el porcentaje dedicado al mantenimiento corresponde al 13%.

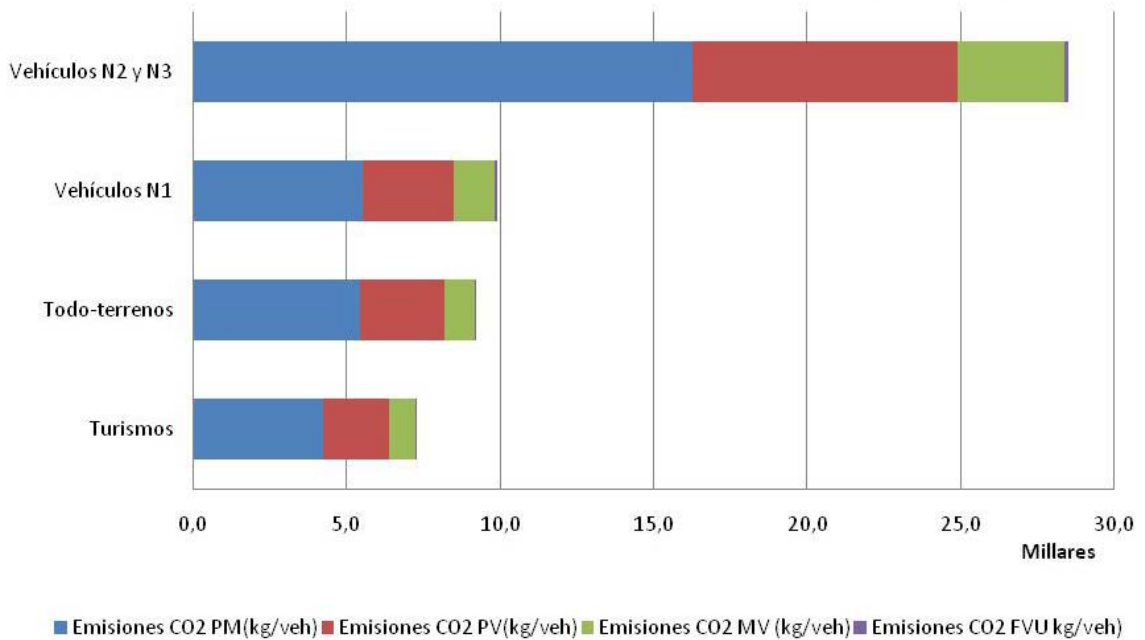
Se puede apreciar la gran diferencia existente entre los camiones pesados y el resto, siendo el consumo de energía cerca de 3 veces superior al del segmento más cercano, si bien es cierto que existirán modelos concretos de ambos segmentos cuya diferencia no sea tan grande, y que no han sido representados en este estudio al haber tomado pesos medios.

Respecto a la energía necesaria para el mantenimiento, los vehículos industriales en general tienen un uso mucho más intensivo que los turismo y todo-terrenos, y la diferencia en este aspecto ha quedado plasmada en los resultados. Respecto a los turismos de gasóleo, los N1 tienen un consumo de energía 1,6 veces superior y los N2/N3 4 veces superior. Entre estas dos categorías también hay diferencias: los N2/N3 consumen 2,5 veces más energía que los N1 debido a la diferencia de kilometraje.

También es importante la diferencia existente entre vehículos de uso privado (turismos y todo-terrenos). Los últimos con motorización de gasóleo pueden consumir de media un 28% más energía que los turismos sólo en su producción, teniendo en cuenta la obtención de los materiales necesarios.

En cualquier caso, ha quedado patente la importancia de la primera etapa en todos los segmentos con respecto a las demás, así como la relevancia del tamaño de los vehículos.

Figura 29: Emisiones de CO₂ en vehículos de gasóleo (kg/veh)

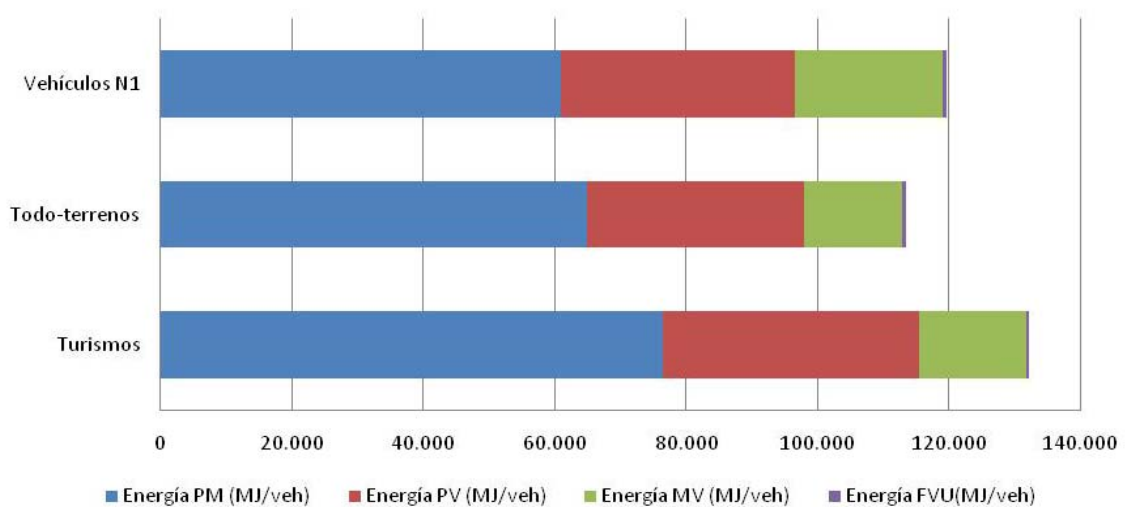


Las emisiones de CO₂ están directamente relacionadas con la energía consumida, de forma que se pueden obtener las mismas conclusiones.

Un camión pesado emite casi 3 veces más que uno ligero en las etapas estudiadas, mientras que un todo-terreno emite un 30% más que un turismo en las mismas etapas.

A continuación se comparan los resultados para vehículos de gasolina.

Figura 30: Energía primaria en vehículos de gasolina (MJ/veh)



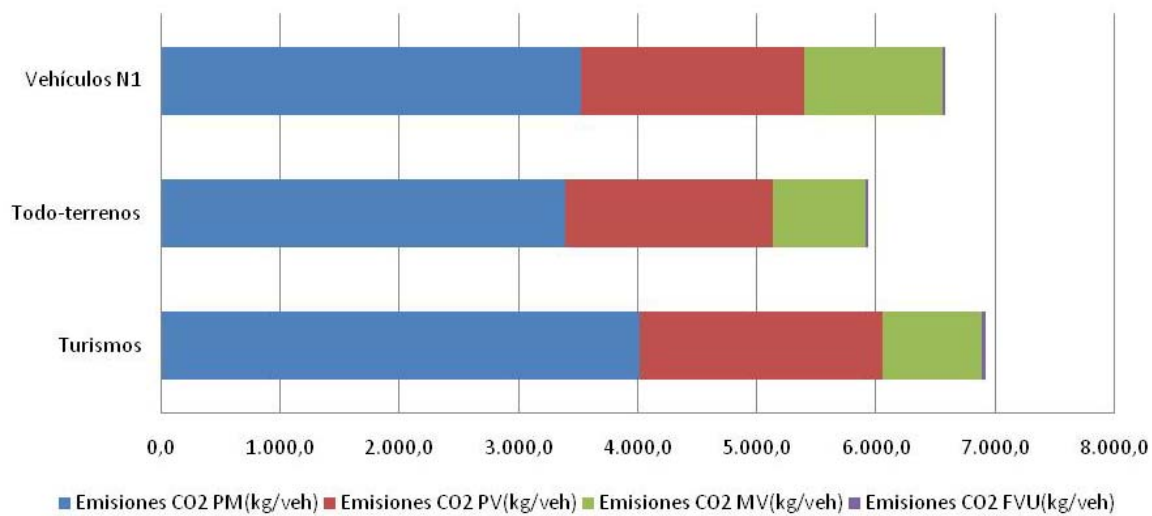
Los vehículos todo-terrenos de gasolina no se han tomado en consideración por ser los datos poco representativos.

Sí se puede apreciar la diferencia entre los turismos de gasolina y los de gasóleo. Estos consumen y emiten según este estudio, alrededor de un 5,4% más en las etapas consideradas. Los vehículos N1 de gasóleo consumen un 50% más que los de gasolina, aunque esta cifra no es muy significativa, ya que no todos los modelos de gasóleo considerados disponen de una versión en gasolina, sólo los comerciales ligeros, con lo que la diferencia de peso es abultada y por tanto los resultados también.

Respecto a las emisiones las conclusiones son las mismas.

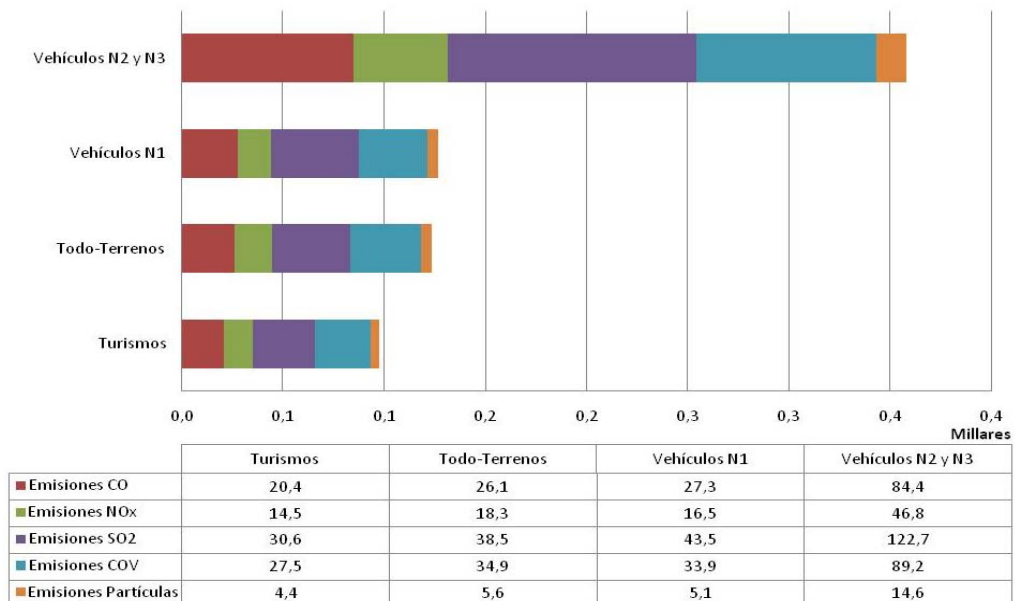
En la página siguiente se muestran la comparativa de emisiones de CO₂:

Figura 31: Emisiones de CO₂ en vehículos de gasolina (kg/veh)



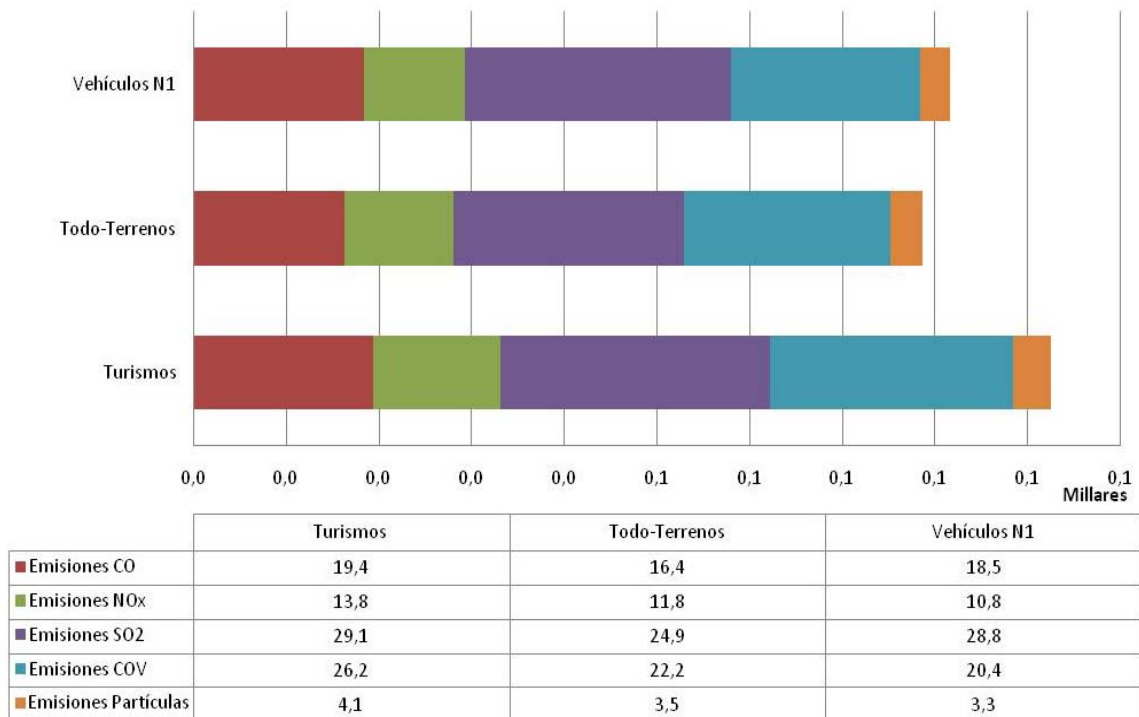
En las figuras 32 y 33 se puede observar el desglose del resto de emisiones.

Figura 32: Emisiones de CO₂ en vehículos de gasóleo (kg/veh)



Queda patente la gran diferencia existente entre el CO₂ y el resto, representando a modo de ejemplo en turismos de gasóleo el 98,7% del total (en masa), y en N2/N3 el mismo porcentaje. Hay que matizar que el efecto de cada gas emitido a la atmósfera no es el mismo. Dichos efectos han sido estudiados por otros autores y no se incluyen aquí, aunque de nuevo hay que mencionar los resultados obtenidos por *Petrov, R.L. (2007)*, en el que se aplica la metodología del EcoIndicador '99, mediante el cual se analiza el impacto ambiental de cada contaminante. Se remite al lector a dicha referencia para conocer los resultados.

Figura 33: Emisiones de CO₂ en vehículos de gasolina (kg/veh)



A partir de la esta gráfica se obtienen unas conclusiones muy similares que con la anterior.

Análisis complementario

A continuación se expone una visión global de los vehículos producidos en España. Se compara la energía dedicada a producir cada de automóvil, incluyendo solamente la fase de fabricación de los propios vehículo, con el objetivo de evaluar de manera superficial la energía que se dedicó en nuestro país en el año 2005 sólo a producir automóviles, así como las emisiones dentro del territorio nacional consecuencia de la misma actividad. Se comparan los resultados entre los diferentes segmentos.

Los pesos son en vacío con conductor de 70 kilos.

Tabla 12. Producción de vehículos en España durante el año 2005 (1)

Modelo	Peso medio (kg)	Producción 2005 (unidades)	Total energía (MWh/veh)	Total emisiones (kg/veh)
Turismos				
C3	1.120	110.224	4,04E+09	2,12E+08
Fiesta	1.143	76.013	2,68E+09	1,40E+08
Ibiza	1.130	163.426	5,70E+09	2,98E+08
Polo	1.145	211.612	7,47E+09	3,92E+08
Corsa	1.223	204.330	7,70E+09	4,04E+08
Mègane	1.268	251.865	9,85E+09	5,16E+08
León	1.310	98.128	3,96E+09	2,08E+08
Focus	1.343	194.532	8,05E+09	4,22E+08
Altea	1.407	65.174	3,01E+09	1,58E+08
Xsara Picasso	1.438	172.728	7,66E+09	4,01E+08
Meriva	1.499	181.839	8,40E+09	4,41E+08
Ka	912	66.304	1,87E+09	9,77E+07
Mazda 2	1.000	35.928	1,11E+09	5,81E+07
Total		2.232.308	8,76E+10	4,59E+09
Todo-Terrenos				
Suzuki Jimny	1.113	5.912	2,03E+08	1,06E+07
Terrano	1.860	5.748	3,30E+08	1,73E+07
Navara	1.880	28.084	1,63E+09	8,53E+07
Santana Aníbal	2.075	2.331	1,49E+08	7,82E+06
Pathfinder	2.100	37.716	2,44E+09	1,28E+08
Total		81.592	4,83E+09	2,53E+08
Vehículos N1				
Trafic	1.980	52.849	3,23E+09	1,69E+08
Vivaro	2.060	8.184	5,20E+08	2,73E+07
Daily	2.480	3.068	2,35E+08	1,23E+07
Primastar	1.900	13.461	7,89E+08	4,14E+07
Viano	2.042	15.827	9,97E+08	5,22E+07
Berlingo	1.313	131.538	5,32E+09	2,79E+08
Partner	1.150	99.325	3,52E+09	1,85E+08
C15	1.050	25.967	8,41E+08	4,41E+07
Daily	2.350	30.267	2,19E+09	1,15E+08
Trade	1.880	14.996	8,69E+08	4,56E+07
Total		544.433	2,63E+10	1,38E+09
Vehículos N2 y N3				
Atleon	3.340	4.783	4,93E+08	2,58E+07
Kerax	8.200	6.645	1,68E+09	8,81E+07
Stralis y Trakker	5.300/4.470	10.307	1,55E+09	8,14E+07
Total		21.735	3,73E+09	1,95E+08

Fuente: Elaboración propia / ICA (2006)

Figura 34: Producción de vehículos durante el año 2005

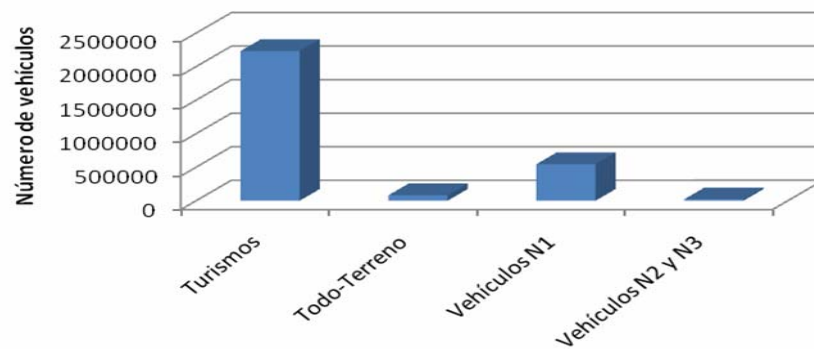


Figura 35: Total energía consumida

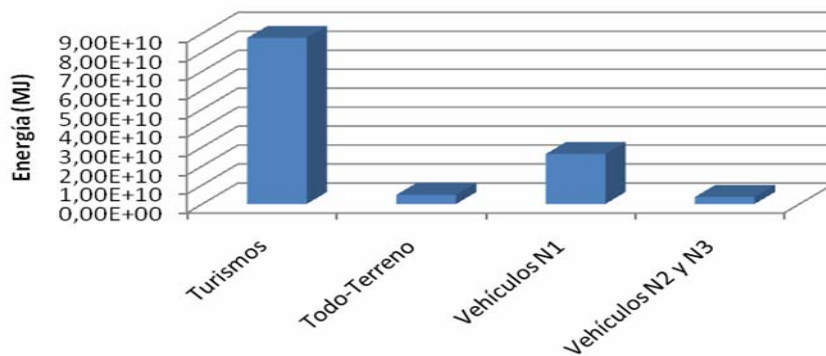
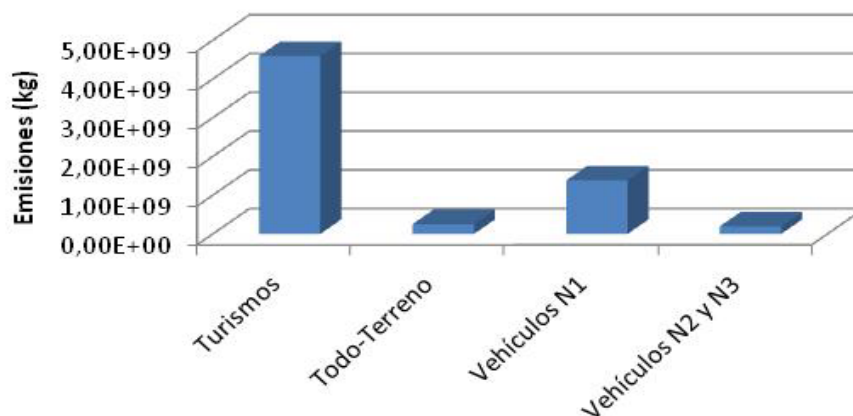


Figura 36: Total emisiones de CO₂



Mediante este sencillo análisis se ha demostrado que, pese a que los turismos (categoría M1) individualmente consumen menos energía y emiten menos CO₂ a la atmósfera en su producción debido a su pequeño tamaño, el impacto ambiental global, considerando el número de ellos que se fabrican, es mucho mayor. Consumen en relación a los todo-terrenos 18 veces más, en relación a los vehículos N1 3 veces más y a los vehículos N2/N3 23 veces más. La comparación respecto a los N1 no resulta tan abultada como en el resto, ya que en este segmento se han incluido varios tipos de vehículos y por lo tanto la producción total es ligeramente mayor que las demás.

9. ASIGNACIÓN DEL CONSUMO Y EMISIONES A LOS RECORRIDOS

9.1. Recorridos medios por tipo de vehículo

En este punto existen dos definiciones aplicables al concepto de recorrido medio, por lo que es necesario aclarar cuál se va a utilizar:

- Recorrido medio realizado por un vehículo en un trayecto: Se refiere a un trayecto concreto, sin aclarar la duración. Según la última actualización del proyecto MEET, se cifra esta distancia en 12 km para el caso de España.
- Recorrido medio realizado por un vehículo en su vida útil: Se refiere al total de distancia que recorre un vehículo desde que se encuentra disponible para el comprador hasta que se termina su vida útil. Se ha cifrado esta distancia en 200.000 km para los turismo y todo-terrenos, 250.000 km para vehículos N1 y 400.000 km para vehículos N2/N3.

Se ha considerado que la segunda definición es más apropiada para el cálculo presentado aquí, ya que las etapas estudiadas están asociadas a toda la vida útil del vehículo, no a un trayecto en concreto.

9.2. Consumo y emisiones en la construcción y explotación por kilómetro recorrido

Para el cálculo se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Se han tomado los consumos y emisiones en sus valores presentados en el apartado 8.
- Se ha dividido dichos valores entre los promedios de kilómetros recorridos para cada segmento, mostrados arriba. Así se obtienen unos resultados expresados en MJ/km y kg/km.
- Se han transformado las unidades, de forma que quedaran en un orden de magnitud más habitual e intuitivo.

En las siguientes tablas se muestra los resultados de los cálculos:

Tabla 13. Consumos y emisiones por km en vehículos de gas

	Turismos	Todo-Terrenos	Vehículos N1	Vehículos N2 y N3
Peso	1.336	1.713	1.817	5.327
Energía				
PM (l/100km)	1,150	1,474	1,089	1,995
PV (l/100km)	0,586	0,751	0,638	1,168
MV (l/100km)	0,237	0,268	0,301	0,483
FVU (l/100km)	0,103	0,132	0,112	0,202
Total (l/100km)	2,076	2,626	2,140	3,848
Emisiones CO₂				
PM (g/km)	2,122	2,775	2,220	4,068
PV (g/km)	1,080	1,469	1,175	2,153
MV (g/km)	0,429	0,485	0,545	0,874
FVU (g/km)	0,254	0,325	0,276	0,497
Total (g/km)	3,884	5,054	4,215	7,591

Tabla 14: Consumos y emisiones por km en vehículos de gasolina

	Turismos	Todo-Terrenos	Vehículos N1	Vehículos N2 y N3
Peso	1263	1070	1154	N/A
Energía				
PM (l/100km)	1,212	1,027	0,771	N/A
PV (l/100km)	0,618	0,523	0,452	N/A
MV (l/100km)	0,257	0,239	0,286	N/A
FVU (l/100km)	0,109	0,092	0,079	N/A
Total(l/100km)	2,196	1,882	1,589	N/A
Emisiones CO₂				
PM (g/km)	2,006	1,699	1,410	N/A
PV (g/km)	1,021	0,865	0,746	N/A
MV (g/km)	0,418	0,389	0,465	N/A
FVU (g/km)	0,240	0,203	0,175	N/A
Total (g/km)	3,684	3,156	2,796	N/A

Con este análisis se resuelve la incógnita de conocer de forma más intuitiva cuánto suponen realmente estas etapas en términos energéticos en relación al consumo en funcionamiento de un vehículo.

Así, por ejemplo, para un turismo de gasolina de características estándar, las etapas de producción de materiales y producción tiene un consumo conjunto de 1,8 l/100km, cuando el consumo medio homologado para el mismo vehículo es aproximadamente 8 l/100km. Con esto se demuestra que esta etapa no es en ningún caso despreciable, con lo que se resalta la necesidad de tenerla en cuenta para las medidas destinadas a reducir el consumo.

Respecto a otros tipos de vehículos, como los industriales, se puede comprobar que el resultado absoluto es muy similar, pero en estos casos la cantidad de kilómetros recorridos es muy superior. De esta forma, al comparar el valor con el consumo medio en caliente para un vehículo de estas características, se observa que estas etapas no son tan relevantes como en el caso de turismos, aunque siguen sin ser despreciables. Esto se debe a su mayor tamaño.

Por el lado de las emisiones, se puede ver que los resultados no son tan significativos, ya que si se toma el conjunto de las dos etapas de producción para un turismo de gasolina, 3 g/km son prácticamente despreciables con en relación con un valor de 180 g/km que puede tener de forma aproximada este vehículo en su etapa de uso. La conclusión es la misma para los vehículos de uso profesional, más acentuada si cabe por la gran cantidad de kilómetros que se realizan en estos segmentos.

9.3. Relación entre el consumo y emisiones en la fabricación y el consumo y emisiones en la explotación

El consumo en la fabricación siempre es mayor que en la explotación para todos los segmentos. Si se quiere tener un orden de magnitud, se puede decir que en turismos de gasolina, la fabricación (PM+PV) es 5 veces mayor que la explotación (MV+FVU). En turismos de gasóleo, la fabricación es también 5 veces mayor que la explotación.

Debe puntualizarse que la escala de tiempo en que tienen lugar cada etapa no es la misma, ya que la fabricación sólo se produce una vez, mientras que el mantenimiento se produce a lo largo de toda la vida útil del vehículo, siendo además muy variable debido a la gran cantidad de condicionantes externos como averías no previstas, accidentes, etc.

Esto refuerza la conclusión de que no se debe despreciar medidas que afecten a la construcción de vehículos, y en concreto a reducir el consumo asociado ni sus emisiones.

10. CONSUMO DE ENERGIA Y EMISIONES EN LA FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS PARA OTROS MODOS DE TRANSPORTE

10.1. Aplicación de la metodología del automóvil y camiones. Factores que se desprenden del estudio

En este estudio se ha cuantificado de alguna forma la relevancia a nivel energético y de emisiones de etapas dentro del ciclo de vida de los vehículos automóviles que anteriormente no se tenían en cuenta. De esta forma se ha demostrado que no son en absoluto despreciables.

También se ha podido conocer que la energía consumida por fabricantes de automóviles en sus plantas de producción no es sino una pequeña parte de la necesaria para fabricar un vehículo, debido a la tendencia actual de subcontratar el aprovisionamiento de los distintos componentes y subsistemas, por lo que no sería apropiada la metodología consistente en medir únicamente dichos consumos. Es más conveniente, en cambio, tener en cuenta los requerimientos energéticos de todos los proveedores, así como de la obtención de los materiales necesarios para fabricar las piezas.

Respecto a la explotación, y debido a una concepción similar a la construcción, se deben considerar las mismas observaciones. Es recomendable por tanto tener en cuenta no sólo la fabricación de un determinado número de recambios sino también la producción de los materiales correspondientes.

10.1.1 Densidad energética por materiales empleados

En la siguiente tabla se resumen los valores utilizados para la obtención de todos los materiales, tanto el consumo energético como las emisiones de CO₂.

Tabla 15: Consumos y emisiones en la fabricación de motocicletas

Material	Energía (MJ/kg)	Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /kg)
Acero (lingote)	22,37	1,59
Acero (chapa enrollada en frío)	25,72	1,82
Acero (inoxidable)	68,25	4,81
Aluminio (lingote)	194,5	10,70
Aluminio (perfil extruido)	214,5	0,86
Aluminio (alúmina)	19,13	1,3
Cobre	64,88	3,89
Plomo	26,24	1,74
Zinc	61,56	3,17
Plásticos	95,46	3,61
Vidrio	28,02	1,51
Cauchos y gomas	70,65	3,69
Líquidos (Gasolina)	52,11	0,59
Líquidos (Gasóleo)	50,49	0,302
Líquidos (Lubricantes)	51,56	0,83
Líquidos (Etilenglicol)	53,87	2,47
Líquidos (Agua desionizada)	0,23	4,53E-03
Otros	134,38	6,92

Fuente: Elaboración propia

Como se puede comprobar, los valores correspondientes a las formas de aluminio son mayores que el resto, y particularmente del acero al que sustituye en ocasiones. Con esto se quiere resaltar la necesidad de hacer un estudio de ciclo de vida completo al analizar la sustitución de piezas de acero por otras de aluminio, pues se puede disminuir el peso y con ello el consumo en la etapa de uso, pero aumentará el consumo en la etapa de fabricación.

Por otro lado, se ha tomado una subclase “Otros” que en este caso comprende materiales como textiles, maderas, etc., por lo que los valores aportados son válidos sólo en este caso. Es necesario prestar atención sobre la clasificación que se da para la composición en cada vehículo, ya que en el apartado “Otros” puede que no siempre estén incluidos los mismos materiales.

10.1.2 Relación entre la energía en la producción de materiales y el ensamblaje del vehículo

Contrariamente a lo que se puede pensar en un principio, las dos etapas son relevantes a nivel energético en la producción de un vehículo y no se debe obviar ninguna de las dos.

De hecho, la producción de materiales requiere más energía que el ensamblaje. Hay que tener clara la distinción entre ellas. El alcance de la primera abarca desde la extracción de materias primas hasta la producción de una forma estándar del material que use un fabricante o proveedor, por ejemplo, rollos de acero. El alcance de la segunda, sin embargo, abarca sólo la fabricación de piezas y ensamblaje en el conjunto una vez que ya se dispone de los materiales.

El procesamiento de los materiales en algunos casos, como el aluminio, es un proceso complejo y por ello requiere mucha energía para llevarse a cabo.

Observando cifras totales, se puede ver que en el caso de turismos de gasóleo la primera etapa consume un 96% más energía que la segunda, es decir, casi el doble. Este resultado se atenúa en el caso de vehículos N1, donde la primera etapa consume un 70% más de energía que la segunda, dado el mayor contenido en materiales como el acero que requieren menos energía.

Esta proporción tiene que ver con el propio concepto del vehículo. En los de tipo industrial, se requieren materiales con una alta resistencia y que no sean demasiado caros dado el peso que tiene que mover el conjunto y su propio tamaño.

10.1.3 Relación entre la energía en la producción de materiales y el mantenimiento

La etapa de mantenimiento es similar a la de producción del vehículo por su propia concepción. Por ello hay una cierta parte de producción de materiales incluida en el mantenimiento. Sin embargo la energía necesaria en esta última es mucho menor, en general. Hay que matizar que el valor final depende de la vida útil, por lo que es posible que un vehículo que recorra muchos kilómetros requiera una cantidad de energía importante para sus repuestos.

Comparando valores absolutos, se tiene en turismos de gasolina una diferencia de casi 5 veces más de consumo en la primera etapa. En el caso de vehículos N2 y N3 la diferencia se atenúa ligeramente, suponiendo un poco más de 4 veces para la misma relación.

10.1.4 Relación entre la energía en la producción de materiales y en el final de la vida útil

Esta relación es la más interesante de las vistas hasta ahora, ya que:

- Por un lado, el reciclado permite obtener los mismos materiales necesarios para fabricación de piezas a un coste energético mucho menor.
- Por otro lado, los componentes obtenidos del desguace de un vehículo se pueden aprovechar como repuestos, por lo que ya no hay que fabricarlos.

Es resumen, cuantos más recursos se dediquen a reciclar materiales y componentes, menor coste energético supondrán tanto la producción de materiales como el mantenimiento.

Actualmente la proporción en términos energéticos, para un turismo de gasóleo es de 138 veces más energía empleada en la primera etapa. En el caso de vehículos N1 la misma proporción es de 108 veces. Este valor debería ir disminuyendo a medida que los fabricantes utilicen más cantidad de materiales reciclados, y sobre todo de materiales reciclados que provengan de vehículos que ya han llegado al final de su vida útil.

10.2. Consumo y emisiones en la fabricación de autobuses

En este apartado se ha calculado los consumos y emisiones asociados a la fabricación de autobuses. Como en el resto de modos de transporte, existen varios tipos de vehículos, cada uno de ellos con un tamaño y unas características diferentes. Generalmente, se asocia cada tipo de autobús con el tipo de servicio de transporte de viajeros al que va destinado.

Así, existen los autobuses urbanos, los autocares, los midibuses, etc. Para este estudio sólo se emplea un autocar medio, cuyas características son:

Autocar: Autobús rígido destinado al transporte interurbano, suele tener entre 20 y 50 plazas, aunque lo más común es que se acerque más a este último valor. A partir de la base de datos propia del INSA, se ha considerado que un vehículo de estas características, pesa alrededor de 13.500 kg y tiene un peso máximo autorizado de 18.000 kg, incluidos los pasajeros, combustible, etc. Se puede tomar como valor de referencia para la potencia 1.500 Nm y 242 kW.

Es complicado estimar la composición exacta de este tipo de vehículos, debido a las particularidades del sector, ya que la empresa que fabrica el chasis, motor, etc. (motorista), no es la misma que la que fabrica la carrocería e interiores (carrocero).

Estos son los resultados obtenidos para el consumo energético en la fabricación de estos vehículos:

Tabla 16. Consumos y emisiones en la fabricación de autocares

	Autocar
<i>Peso en vacío (kg)</i>	13.500
Energía	
PM (MJ/bus)	693.197,2
PV (MJ/bus)	416.360.9
Total (MJ/bus)	1.109.558,1
Emisiones CO₂	
PM (kg CO ₂ /bus)	42.789
PV (kg CO ₂ /bus)	23.706.9
Total (kg CO₂/bus)	66.495,9

10.3. Consumo y emisiones en la fabricación de motocicletas

En este apartado se ha calculado los consumos y emisiones asociados a la fabricación de motocicletas. Al igual que en los automóviles, existen varios segmentos. En cada uno de ellos, las motocicletas tienen diferentes características de tamaño, materiales, público al que va dirigida, etc.

Para este estudio se han tomado dos ejemplos de dos motocicletas distintas:

- **Scooter:** Se trata de motocicletas de pequeño tamaño. Dentro de este segmento se pueden distinguir distintas sub-clases que comprenden vehículos pensados para trayectos largos o cortos. Para este estudio se ha tomado un vehículo de pequeño tamaño con una cilindrada de 50 cm³, usada habitualmente para recorridos por dentro de ciudad. Su peso aproximado es de 65 kg. En estos casos el acero es el material mayoritario pero en una proporción menor que para automóviles, aproximadamente un 60% en peso sobre el total. La fracción de aluminio es del 12% y la de plásticos un 16%.
- **Motocicleta deportiva:** Se trata de motocicletas de mayor tamaño que en el caso anterior, y están pensadas principalmente para uso deportivo. De nuevo existen varias sub-clases. Para este estudio se ha tomado un ejemplo de motocicleta deportiva con una motorización de 600 cm³ y un peso aproximado de 190 kg. De nuevo el acero es el material con mayor presencia, con un 55,4% en peso (menor porcentaje que en el scooter). La fracción en aluminio es del 23,8% (mayor porcentaje que en el scooter) y la de plásticos un 11%.

En los Anexos se puede encontrar la distribución de materiales completa estimada para uno y otro caso.

A diferencia de otros modos de transporte, no existe una categoría de motocicletas destinada al transporte de mercancías debido a su poca capacidad, salvo casos muy concretos, como mensajería, reparto, etc..

A continuación se muestran los resultados:

Tabla 17. Consumos y emisiones en la fabricación de motocicletas

	Scooter	Motocicleta deportiva
<i>Peso total (kg)</i>	65	190
Energía		
PM (MJ/moto)	4.172	15.007
PV (MJ/moto)	2.099	6.136
Total (MJ/moto)	6.271	21.143
Emisiones CO₂		
PM (kg CO ₂ /moto)	225	826
PV (kg CO ₂ /moto)	110	323
Total (kg CO₂/moto)	335	1.149

La producción de materiales supone para una scooter el 66% y para una motocicleta deportiva 70,9%. Esto es consecuencia de un uso más intensivo por parte de la motocicleta deportiva del aluminio, como se puede comprobar en la lista de materiales de los Anexos.

Respecto a la energía consumida en la producción de materiales, se tiene que la scooter supone 64,18 MJ/kg y una motocicleta deportiva 79 MJ/kg, reflejo de la diferencia de composiciones.

Se obtienen valores similares para las emisiones de CO₂.

10.4. Consumo y emisiones en la fabricación de trenes

En este apartado se ha calculado los consumos y emisiones asociados a la fabricación de trenes. Existen varias categorías de trenes (cercanías, regional, media distancia y grandes distancias). Se emplea la composición de materiales aplicada a los trenes de alta velocidad, es decir, los que recorren grandes distancias.

En España los trenes de alta velocidad pueden ser representados por los modelos 250 y 350 de la compañía TALGO (series Renfe 130 y 102). Tienen un peso total de entre 312 y 322 t, cuentan con una capacidad de entre 300 y 350 pasajeros y ofrecen una potencia total de entre 4.000 y 8.000 kW las versiones más modernas.

En los Anexos se puede encontrar la distribución de materiales estimada para los dos casos.

A continuación se muestran los resultados:

Tabla 18. Consumos y emisiones en la fabricación de trenes de alta velocidad

	Tren de alta velocidad
<i>Peso (kg)</i>	320.000
Energía	
PM (MJ/TAV)	26.615.706
PV (MJ/TAV)	9.869.291
Total (MJ/TAV)	36.484.997
Emisiones CO₂	
PM (kg/TAV)	1.494.247
PV (kg/TAV)	517.315
Total (kg/TAV)	2.011.562

Como era de esperar debido a la similitud con el resto de modos, la etapa de producción de materiales supone un mayor consumo y emisiones que la de fabricación. En concreto supone el 73% de la energía total de este apartado, encontrado un valor similar en las emisiones. Este elevado porcentaje es consecuencia de la gran cantidad de aluminio y cobre presentes en este tipo de vehículos. Estos materiales son más ligeros pero requieren de gran cantidad de energía para ser producidos.

Para comparar con otros vehículos, se puede ver que el consumo por kg de peso en la etapa de producción de materiales es de 83,17 MJ/kg, mucho más alta que en otros modos de transporte. Se puede comprobar la composición en el capítulo de Anexos.

10.5. Consumo y emisiones en la fabricación de barcos

En este apartado se ha calculado los consumos y emisiones asociados a la fabricación de barcos. Existen varias clases de buques, de las cuales se ha tomado en dos para su estudio: los buques tanque multipropósito y los portacontenedores.

- **Buque tanque multipropósito:** Transportan mercancías diversas, carga general, a granel, contenedores e incluso pueden llevar algún pequeño tanque. Tienen un tamaño medio entre 16.000 y 25.000 TPM. Para este estudio se ha tomado 19.000 TPM. Operan en tráficos diversos. Normalmente llevan grúas en el centro para su propia carga y descarga.
- **Portacontenedores:** Se trata de una de las familias de buques de mayor tamaño. Los mayores llegan a los 350 metros de eslora con una capacidad para casi 9.000 contenedores, aunque aún no han finalizado su crecimiento en tamaño, habiéndose publicado estudios de portacontenedores de hasta 18.000 unidades. Tienen un tamaño medio de 26.000 TPM.

En los Anexos se puede encontrar la distribución de materiales estimada para uno y otro caso.

Para el cálculo hay que diferenciar entre las distintas definiciones de pesos que existen para los barcos:

- **Peso muerto:** Es el peso combinado de la carga más los líquidos, sin incluir el peso en vacío de la embarcación. Suele utilizarse para caracterizar el tamaño de los barcos, pero es poco apropiado para el cálculo en este apartado.
- **Peso en rosca:** Es el peso en vacío, sin carga ni líquidos. Es el apropiado para este cálculo, ya que es el correspondiente a la fabricación.

A continuación se muestran los resultados:

Tabla 19. Consumos y emisiones en la fabricación de barcos

	Buque-tanque	Porta contenedor
<i>Peso en rosca (t)</i>	7.177	9.520
Energía		
PM (MJ/buque)	250.361.963	331.936.605
PV (MJ/buque)	223.858.763	299.833.668
Total (MJ/buque)	474.220.726	631.770.273
Emisiones CO₂		
PM (kg/buque)	21.145.799	27.857.069
PV (kg/buque)	11.602.400	15.390.114
Total (kg/buque)	32.748.199	43.247.183

Como consecuencia de la diferencia en el tamaño y en la distribución de materiales, un porta contenedor consume un 33,2% más de energía que un buque-tanque y emite un 32% más de CO₂.

Sólo en el apartado de producción de materiales, un buque tanque consume 34,88 MJ/kg y un porta contenedor consume 34,87 MJ/kg, lo que supone una diferencia debida a la composición mínima, quedando como principal factor de diferenciación entre una y otra embarcación su peso en rosca. Con respecto al total, la misma etapa supone un 53% de la energía total de fabricación en el caso del buque-tanque, y un 52% en el caso del portacontenedores. Este bajo porcentaje evidencia la gran cantidad de acero presente en la composición, el cual tiene una energía de producción relativamente baja.

10.6. Consumo y emisiones en la fabricación de aviones

En este apartado se ha calculado los consumos y emisiones asociados a la fabricación de aviones. El sector aeronáutico es conocido por utilizar siempre tecnologías muy avanzadas. Debido a este aspecto, es complicado calcular el consumo energético en la producción de materiales en los que se tiene relativamente poca experiencia en comparación con otros como el acero. Un claro ejemplo es los materiales compuestos o composites. En concreto, en los aviones comerciales actuales, existe una tendencia a utilizar cada vez más Compuestos de Matriz Polimérica (PMC) con el objetivo de reducir el peso lo máximo posible y con él el consumo asociado.

Al igual que en el caso de los autobuses, la clasificación de los aviones viene dada por el tipo de servicio que prestan (nacional o internacional), y asociado a éste, la cantidad de kilómetros que recorren en cada viaje. Un ejemplo de aeronave de tamaño medio es el Airbus 320 del consorcio europeo, empleado para corto y medio radio. Se presentan sus características más importantes:

Avión Airbus 320: Tiene una capacidad de pasajeros de 150 personas, un peso de operación típico en vacío de unos 42.400 kg, un peso máximo al despegue de 73.500 kg y un alcance medio de 4.800 km. Los depósitos tienen una capacidad de 23.860 l.

Es necesario aclarar los conceptos de peso que existen en este sector:

- **Peso en vacío:** Apenas se usa, es el correspondiente al aparato sin combustible ni pasajeros. Es el más correcto para los cálculos de este estudio.
- **Peso máximo al despegar:** Es el más usado, ya que es que tiene que superar el aparato para poder despegar. Es el correspondiente al anterior, sumando la carga de mercancías, pasajeros y combustible.

Estos son los resultados obtenidos del estudio:

Tabla 20. Consumos y emisiones en la fabricación de aviones

	Avión comercial
<i>Peso en vacío (kg)</i>	42.400
Energía	
PM (MJ/avión)	5.697.510
PV (MJ/avión)	1.307.377

Tabla 20. Consumos y emisiones en la fabricación de aviones

Total (MJ/avión)	7.004.887
Emisiones CO₂	
PM (kg/TAV)	3.689.500
PV (kg/TAV)	68.544
Total (kg/TAV)	3.758.044

El indicador relativo a este modo de transporte es de 134,37 MJ/kg para el consumo de energía en la producción de materiales. Esto pone de relieve, a pesar de la poca exactitud conseguida en la estimación, la idea del alto consumo requerido por vehículo debido a los materiales empleados, los cuales son siempre aleaciones y compuestos poco comunes en el resto de modos de transporte.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

Aranda Usón, A. et al. (2006): El análisis de ciclo de vida como herramienta de gestión empresarial. Fundación Confemetal, Madrid

ESTUDIOS Y TRABAJOS EN REVISTAS

ARTEMIS (2005): Heavy duty vehicle emissions. Rexeis, M., Hausberger, S., Riemersma, I., Tartakovsky, L., Yoram Zvirin, Y., Van Poppel, M., Cornelis, E. Final Report for ARTEMIS WP 400. Graz University of Technology.

MacLean, H.L., Lave, L.B. (1998): A life cycle model of an automobile. Environmental Science & Technology 32, pp. 322A-333A.

MacLean, H.L., Lave, L.B. (2003): Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies. Progress in Energy and Combustion Science Volume 29, Issue 1, 2003, Pages 1-69.

Zamel, N., Li, X., (2006): Life cycle comparison of fuel cell vehicles and internal combustion engine vehicles for Canada and the United States. Journal of Power Sources Volume 162, Issue 2, 22 November 2006, Pages 1241-1253

Zamel, N., Li, X., (2006): Life cycle analysis of vehicles powered by a fuel cell and by internal combustion engine for Canada. Journal of Power Sources Volume 155, Issue 2, 21 April 2006. Pages 297-310.

DOCUMENTOS E INFORMES

Eriksson, E., Blinge, M., Lövgren, G. (1996): Life cycle assessment of the road transport sector. Chalmers Industriteknik, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

Gaines, L., Stodolsky, F., Cuenca, R., Eberhardt, J. (1998): Life-Cycle Analysis for Heavy Vehicles. Argonne National Laboratory and Office of Heavy Vehicle Technologies, U.S. Department of Energy.

General Motors España (2005): Declaración Ambiental 2005. Declaración ambiental correspondiente a la fábrica de Opel en Zaragoza.

Keoleian, A.G., Lewis, G.McD., Coulon, R.B., Camobreco, V.J., Teulon, H.P. (1998): LCI Modeling Challenges and Solutions for a Complex Product System: A Mid-sized Automobile. Society of Automotive Engineers (Special Publication). SAE 982169.

Kobayashi, O. (1997): Car Life Cycle Inventory Assessment. Nissan Motor Company. SAE 971199.

Petrov, R.L. (2007): Original Method for Car Life Cycle Assessment (LCA) and its application to LADA Cars. Society of Automotive Engineers. World Congress, Detroit, USA. SAE 2007-01-1607

Schweimer, G., Levin, M. (2000): Life cycle inventory for the Golf A4. Inventario de ciclo de vida para el Volkswagen Golf A4 (informe interno), Volkswagen AG.

Sullivan J.L., Williams, R.L., Yester, S., Cobas-Flores, E., Chubbs, S.T., Hentges, S.G., Pomper, S.D. (1998): Life Cycle Inventory of a Generic U.S. Family Sedan-Overview of Results Usca Amp Project. Society of Automotive Engineers (Special Publication). SAE 982160.

Sullivan, J.L., Costic, M.M., Han, W. (1998): Automotive Life Cycle Assessment: Overview, Metrics and Examples. Ford Motor Company. SAE 980467.

Sullivan, J.L., Hu, J. (1995): Life Cycle Energy Analysis for Automobiles. Ford Motor Company. SAE 951829.

Sullivan, J.L., Cobas-Flores E.(2001): Full vehicle LCAs: a review. Society of Automotive Engineers. Environmental Sustainability Conference, Graz, Austria. SAE 2001-01-3725.

Tatemichi, Y.; Yoshida, T.: Study on the Life Cycle Assessment Application to Motorcycles. SAE 2001-01-1887. 2001

Vivancos Bono, J.L. et al. : Revisión de los estudios de análisis de ciclo de vida en la industria del automóvil. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia.

Volkswagen Autoeuropa (2004): Environmental Report (2002/2003). Informe sobre los resultados en materia ambiental de Volkswagen. Disponible en página web. Volkswagen AG.

Volkswagen Autoeuropa (2005): Environmental Indicators (2003/2004). Informe sobre los resultados en materia ambiental de Volkswagen. Disponible en página web. Volkswagen AG.

Volkswagen Navarra, S.A. (2005): Declaración Ambiental 2005. Declaración ambiental correspondiente a la fábrica de Volkswagen en Navarra. Volkswagen Navarra, S.A.

Weiss, M.A., Heywood, J.B., Drake, E.M., Schafer, A., AuYeung, F.F. (2000): On the road in 2020: A life-cycle analysis of new automobile technologies. Energy Laboratory Report # MIT EL 00-003. Energy Laboratory Massachusetts Institute of Technology

ANUARIOS, MEMORIAS Y ESTADÍSTICAS

Asociación Española para el tratamiento medioambiental de los vehículos fuera de uso (SIGRAUTO) (2001): Valorización energética de residuos generados durante y al final de la vida de los vehículos. Informe sobre los resultados del proyecto que lleva el mismo título. Marzo 2001.

Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC): Memoria 2006. Anuario que incluye multitud de datos sobre producción, exportación y matriculación en España, Europa y en el mundo en el año 2006.

ICA Ediciones: Anuario ICA. Anuario dedicado a la industria y al comercio de automoción. Año II, Edición 2006.

NORMATIVA

Commission of the european communities (2007): Revised proposal for a directive of the european parliament and of the council on the promotion of clean and energy efficient road transport vehicles. Commission of the european communities. Brussels.

Norma internacional ISO 14044:2006(E): Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. Define los pasos básicos para la realización de análisis de ciclo de vida.

ANEXO DESGLOSE DE MATERIALES QUE COMPONENTEN DIVERSOS VEHÍCULOS

Desglose de materiales que componen un autocar

Tabla 21. Desglose de materiales que componen un autocar (en % en peso)

Material	Forma material	Composición global (%)	Sub-composición (%)
Acero		70,8	
	Tocho		93,4
	Chapa		6,6
Aluminio		7,5	
Plásticos		4,7	
Otros		10	
Pintura		1,4	
Cobre		0,2	
Cauchos		0,6	
Vidrio		4,2	
Líquidos		0,5	
TOTAL			

Fuente: ALSA

Materiales que componen una motocicleta

Tabla 22. Desglose de materiales que componen una motocicleta (en % en peso)

Material	Scooter	Motocicleta deportiva
Acero	59,7	55,4
Aluminio	12	23,8
Plásticos	16	10,9
Cauchos y gomas	7,2	5,9
Otros	5,1	4

Fuente: Tatemichi, Y.; Yoshida, T.(2001)

Materiales que componen un tren de alta velocidad

Tabla 23. Desglose de materiales que componen un tren de Alta Velocidad (en % en peso)

Material	Fracción
Acero	50 %
Aluminio	29 %
Cobre	12 %
Polímeros	8%

Fuente: Fundación de Ferrocarriles Españoles

Materiales que componen un barco

Tabla 24. Desglose de materiales que componen un buque-tanque

Material	Forma material	Composición global (%)	Sub-composición (%)
Acero		95,58%	
	Laminado		87,13%
	Fundido o forjado		10,03 %
	Tubería y accesorios		2,20%
	Inoxidable		0,64%
Aluminio		0,13%	
Cobre	Tubería y accesorios, cables, etc.	0,72%	
Zinc	Fundido	0,02%	
Líquidos	Aceites	0,92%	
Vidrio	Laminado	0,06%	
Plásticos		3,25 %	
Cauchos y gomas	Suelos, aislantes etc.	0,56%	
Pintura		1,30%	
TOTAL		100%	

Fuente: Univ. Oviedo

Como se comenta en el apartado de cálculos, esta composición corresponde al peso en rosca de la embarcación, siendo éste para un buque tanque medio de 7.177 t.

Tabla 25. Desglose de materiales que componen un portacontenedores

Material	Forma material	Composición global (%)	Sub-composición (%)
Acero		95,02%	
	Laminado		84,26%
	Fundido o forjado		13,23%
	Tubería y accesorios		2,34%
	Inoxidable		0,17%
Aluminio		0,17%	
Cobre	Tubería y accesorios, cables, etc.	0,62%	
Zinc	Fundido	0,01%	
Líquidos	Aceites	1,72%	
Vidrio	Laminado	0,05%	
Plásticos		3,00 %	
Cauchos y gomas	Suelos, aislantes etc	0,53%	
Pintura		1,31%	
TOTAL		100%	

Fuente: Univ. Oviedo

Como se comenta en el apartado de cálculos, esta composición corresponde al peso en rosca de la embarcación, siendo éste para un buque tanque medio de 9.520 t.

Materiales que componen un avión

Tabla 26. Desglose de materiales que componen un avión comercial

Material	Composición global (%)
Aluminio	75
Composite (PMC)	10
Acero	9
Titanio	5
Otros	1
TOTAL	100%

Fuente: Universidad Autónoma de Madrid

Como se comenta en el apartado de cálculos, esta composición corresponde al peso en vacío de la aeronave, siendo éste para un avión comercial de alcance medio de 42.400 kg.

No se disponía de información sobre materiales como el PMC más utilizado (fibra de carbono), ni el titanio, por lo que se ha recurrido a estimaciones sobre materiales similares.

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1: Esquema de la metodología seguida en este estudio	10
Figura 2: Ejemplo proceso fabricación de pieza de acero por fundición.....	11
Figura 3: Esquema de proceso de producción en GaBi 4.....	12
Figura 4: Esquema de proceso de conversión de energía en GaBi 4	12
Figura 5: Modelo utilizado	13
Figura 6: Mix de generación utilizado para la producción de electricidad	14
Tabla 1. Fuentes de información para la producción de materiales.....	16
Figura 7: Esquema de la producción de materiales	17
Figura 8: Esquema de la producción de materiales (flujos de masa).....	17
Figura 9: Esquema de la producción de materiales (flujos de energía)	18
Tabla 2. Distribución de materiales.....	19
Figura 10: Esquema de la producción de aceros	19
Tabla 3. Distribución de aceros.....	19
Figura 11: Esquema de la producción de aluminios	20
Tabla 4. Distribución de aluminios	20
Figura 12: Esquema de la producción de líquidos.....	20
Tabla 5. Distribución de líquidos	21
Tabla 6. Distribución de materiales primarios/secundarios.....	22
Tabla 7. Distribución de energía eléctrica/térmica	22
Figura 13: Energía consumida en Producción de Materiales	23
Figura 14: Emisiones de CO ₂ en producción de materiales	23
Figura 15: Esquema de la fabricación y montaje	25
Figura 16: Esquema de la fabricación y montaje (flujos de masa).....	26
Figura 17: Esquema de la fabricación y montaje (flujos de energía).....	26
Tabla 8. Características del camión-semirremolque utilizado.....	27
Figura 18: Energía consumida en Fabricación y Montaje	27
Figura 19: Emisiones de CO ₂ en Fabricación y Montaje	28
Figura 20: Esquema del mantenimiento.....	29
Tabla 9. Mantenimiento previsto	30
Figura 21: Energía consumida en Mantenimiento del Vehículo	31
Figura 22: Emisiones de CO ₂ en Mantenimiento del Vehículo	31
Figura 23: Esquema del final de vida útil (flujos de masa).....	33
Tabla 9: Porcentaje en peso de materiales recuperados.....	33
Figura 24: Energía consumida en Final de Vida útil	34

Figura 25: Emisiones de CO ₂ en Final de Vida Útil	34
Tabla 10. Resultados totales para motorizaciones de gasóleo.....	35
Tabla 11. Resultados totales para motorizaciones de gasolina.....	36
Figura 26: Peso medio por de los vehículos por segmento	37
Figura 27: Desviación típica del peso medio de los vehículos	37
Figura 28: Energía primaria en vehículos de gasóleo (MJ/veh).....	38
Figura 29: Emisiones de CO ₂ en vehículos de gasóleo (kg/veh).....	39
Figura 30: Energía primaria en vehículos de gasolina (MJ/veh).....	39
Figura 31: Emisiones de CO ₂ en vehículos de gasolina (kg/veh).....	40
Figura 32: Emisiones de CO ₂ en vehículos de gasóleo (kg/veh).....	40
Figura 33: Emisiones de CO ₂ en vehículos de gasolina (kg/veh).....	41
Tabla 12. Producción de vehículos en España durante el año 2005 (1)	42
Figura 34: Producción de vehículos durante el año 2005	43
Figura 35: Total energía consumida.....	43
Figura 36: Total emisiones de CO ₂	43
Tabla 13. Consumos y emisiones por km en vehículos de gas.....	45
Tabla 14: Consumos y emisiones por km en vehículos de gasolina.....	45
Tabla 15: Consumos y emisiones en la fabricación de motocicletas.....	48
Tabla 16. Consumos y emisiones en la fabricación de autocares	50
Tabla 17. Consumos y emisiones en la fabricación de motocicletas.....	51
Tabla 18. Consumos y emisiones en la fabricación de trenes de alta velocidad.....	52
Tabla 19. Consumos y emisiones en la fabricación de barcos	53
Tabla 21. Consumos y emisiones en la fabricación de aviones	54
Tabla 17: Desglose de materiales que componen un autocar (en % en peso)	58
Tabla 16: Desglose de materiales que componen una motocicleta (en % en peso) ...	58
Tabla 16: Desglose de materiales que componen un tren de Alta Velocidad (en % en peso)	59
Tabla 17: Desglose de materiales que componen un buque-tanque	59
Tabla 18: Desglose de materiales que componen un portacontenedores.....	60
Tabla 17: Desglose de materiales que componen un avión comercial.....	61

Documentos del Proyecto EnerTrans

Monografías EnerTrans

Monografía 1: “El sistema español de transporte y sus impactos sobre la sostenibilidad”: José Ignacio Pérez Arriaga, Eduardo Pilo de la Fuente, Ignacio de L. Hierro Ausín

Monografía 2: “Usos de la energía en el transporte”: Alberto García Álvarez, M^a del Pilar Martín Cañizares

Monografía 3: “Modelos de consumos y emisiones: Estado del arte”: Timoteo Martínez Aguado, Aurora Ruiz Rúa, Ana Isabel Muro

Monografía 4: “Análisis de las estadísticas de consumos energéticos y emisiones de CO₂ en el transporte”: Alberto Cillero, Paula Bouzada Outeda

Monografía 5: “Tablas input-output relacionadas con las estadísticas de consumos y emisiones en el transporte”: Timoteo Martínez Aguado, Aurora Ruiz Rúa, Ana Isabel Muro Rodríguez

Monografía 6: “Métrica y estandarización de los consumos y emisiones en el transporte”: Alberto Cillero Hernández, Paula Bouzada Outeda, Alberto García Álvarez, M^a del Pilar Martín Cañizares

Monografía 7: “Incremento de recorrido en el transporte por longitud de caminos, operación y gestión”: Alberto Cillero Hernández, Paula Bouzada Outeda, Alberto García Álvarez, M^a del Pilar Martín Cañizares

Monografía 8: “Flujos del petróleo y del gas natural para el transporte”: José M^a López Martínez, Javier Sánchez Alejo, Álvaro Gómez, Ángel Fernández.

Monografía 9: “Flujos de la energía de la electricidad para el transporte”: Eduardo Pilo de la Fuente, José Ignacio Pérez Arriaga, Ignacio de L. Hierro Ausín, Jesús Jiménez Octavio

Monografía 10: “Consumo de energía y emisiones asociadas a la construcción y mantenimiento de infraestructuras”:

Monografía 11: “Consumo de energía y emisiones asociadas a la construcción y mantenimiento de vehículos”: José M^a López Martínez, Javier Sánchez Alejo

Monografía 12: “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por coche y camión”: José María López Martínez, Javier Sánchez Alejo

Monografía 13: “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por autobús y autocar”: Alberto Cillero Hernández, Gustavo Martinelli, Paula Bouzada Outeda

Monografía 14: “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por avión”: Grupo de investigación en consumo energético del transporte aéreo de la Universidad Autónoma de Madrid

Monografía 15: “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por barco”: Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación Universidad de Oviedo

Monografía 16: “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por ferrocarril”: Alberto García Álvarez, M^a del Pilar Martín Cañizares

Monografía 17: “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por tubería”: Manuel Cegarra Plané

Monografía 18: “ENERTRANS: Modelo de cálculo y predicción de los consumos energéticos y emisión del sistema de transporte que permita valorar la sensibilidad de los consumos a las decisiones de inversión en infraestructura y de política de transporte”: Grupo de investigación del proyecto Enertrans

Notas técnicas EnerTrans

Nota técnica 1: “Introducción al transporte por tubería”: Manuel Cegarra Plané

Nota técnica 2: “Informe sobre el tráfico internacional y el consumo de carburante en el sector aeronáutico”: Grupo de investigación en consumo energético del transporte aéreo de la Universidad Autónoma de Madrid

Nota técnica 3: “Informe sobre el suministro de combustible en los aeropuertos en España”: Grupo de investigación en consumo energético del transporte aéreo de la Universidad Autónoma de Madrid

Nota técnica 4: “Estudio sobre las variables que influyen en el incremento de recorridos o incidencia del cociente entre trayectoria y desplazamiento en el transporte aéreo”: Grupo de investigación en consumo energético del transporte aéreo de la Universidad Autónoma de Madrid

Nota técnica 5: “Estudio sobre las variables que influyen en el incremento de recorridos o incidencia del cociente entre trayectoria y desplazamiento en el transporte ferroviario”: Alberto García Álvarez, Eduardo Fernández González

Nota técnica 6: “Estudio sobre las variables que influyen en el incremento de recorridos o incidencia del cociente entre trayectoria y desplazamiento en el transporte por tubería”: Manuel Cegarra Plané

Nota técnica 7: “Informe sobre el tráfico español y el consumo de carburante en el sector marítimo”: Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación Universidad de Oviedo

Nota técnica 8: “Análisis de documentación referida al transporte marítimo”: Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación Universidad de Oviedo

Nota técnica 9: “Aspectos generales del transporte marítimo”: Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación Universidad de Oviedo

Nota técnica 10: “Características de la navegación marítima”: Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación Universidad de Oviedo

Nota técnica 11: “Consumo de los servicios auxiliares en el automóvil”: José M^a López Martínez, Juan José Herrero

Nota técnica 12: “Notas sobre los valores del coeficiente de resistencia a la rodadura”: José M^a López Martínez, Juan José Herrero

Nota técnica 13: “Tipos de aeronaves según su compañía constructora”: Grupo de investigación en consumo energético del transporte aéreo de la Universidad Autónoma de Madrid

