

PRÓLOGO

El presente proyecto ha sido dirigido por la Prof. Beatriz Amante García, del departamento de Proyectos de la ETSEIAT, a la que doy mi más sincero agradecimiento por su seguimiento y asesoramiento durante el transcurso del proyecto. También agradezco la ayuda y los medios prestados en todo momento por el departamento de proyectos de la ETSEIAT.

El trabajo ha sido realizado gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de mis estudios en la UPC por tanto les agradezco su colaboración y su apoyo a todo los profesores.

La propiedad intelectual tanto del trabajo como de los resultados obtenidos se regirá por la normativa sobre la propiedad intelectual de los trabajos docentes de la UPC aprobada por la Junta de Govern del 23.11.1993 y por la Ley 22/1987 del 11 de noviembre de Propiedad Intelectual.

Finalmente agradecer a Marc Piqué Miserachs, el apoyo mostrado durante estos meses de trabajo.



RESUMEN

Desplazarse es una necesidad que prácticamente nos afecta a todos, ya sea para desplazar personas o para el transporte de mercancías y bienes tan necesarios en un mundo tan global como es el actual.

Debido a este hecho, y a la falta de un buen sistema de transporte, asequible y sostenible, el automóvil se ha convertido en un protagonista imprescindible prácticamente en todas las zonas del planeta.

En la actualidad los ciudadanos y por consiguiente las empresas y los estados, han comenzado a concienciarse de los daños ambientales que acarrea el uso masivo de los vehículos. Las emisiones de CO₂ derivadas de la quema de combustibles derivados del petróleo no son el único problema.

En realidad todo lo que envuelve a un vehículo desde la etapa de su diseño, fabricación, vida útil y hasta su fin de vida, repercute en cierto modo en aspectos medioambientales como son la polución, ruidos, la obtención de materias primas necesarias para su fabricación, los residuos generados durante su uso y por supuesto el residuo que representan en su fin de vida.

El ciclo de vida de un automóvil engloba cuatro grandes etapas: la obtención y los tratamientos para obtener todas las materias primas necesarias para su construcción, la fase de producción, el periodo que comprende su uso incluyendo sus visitas a los talleres mecánicos y por último el fin de vida del vehículo con su retirada de la circulación.

En cada una de estas etapas se generan unos residuos y se produce una contaminación derivada en gran parte del gasto de energía y emisiones de gases producidas en los procesos. En la fase de obtención de las materias primas lo más destacable es el gasto de energía junto con la utilización de metales pesados y compuestos químicos para la obtención entre otros, de acero y aluminio. Durante la producción se generan grandes cantidades en los procesos de pintado y en la fundición de los metales. Pero la mayor parte de contaminación se produce durante el uso, con la emisión de gases nocivos y la generación de residuos en los recambios y reparaciones. Por último, nos encontramos con la fase donde se generan más residuos ya que todo el automóvil pasa a ser un residuo en su fin de vida tal y como nos indica el catálogo europeo de residuos (CER).

Durante todas estas etapas se producen residuos de materiales sólidos así como fluidos de tipo aceites y lubricantes que son más difíciles de reutilizar.

Es necesario que todos los agentes implicados en estas etapas trabajen juntos para mejorar el respeto al medio ambiente. Existen diferentes normativas en el ámbito europeo y español con el fin de gestionar la eliminación de residuos de un vehículo que se recoge en la Directiva 91/156/CE (legislación española: Ley 10/1998) y la normativa específica que se creó en la Comisión Europea con el fin de gestionar los residuos generados en el fin de vida útil del vehículo y que han sido catalogados como residuos peligrosos en el Catálogo Europeo de Residuos (CER).

En cuanto a la gestión de vehículos al final de su vida útil, en el estado español se está aplicando el Real Decreto 1383/2002 que pretende que antes del 1 de enero de 2015 se reutilice o se valore el 95% del peso medio, por vehículo y año, del total de los vehículos que lleguen al final de su vida útil.

Para poder conseguir estos objetivos los centros de tratamiento autorizados (CAT) son los encargados de gestionar la reutilización y reciclaje de los vehículos al final de su vida útil. La filosofía a seguir es la de reducir al máximo los residuos posibles, reutilizar todos los elementos que se pueda para devolverlos al proceso productivo, reciclar para un nuevo uso y cuando no sea posible ninguna de estas opciones, se recurrirá a la valorización energética.

Las empresas fabricantes de automóviles han comenzado a variar sus planes de producción y diseño con el fin de adaptarlos al concepto de Diseño por el Medio Ambiente (Design for Environment) para desarrollar productos que disminuyan el impacto ambiental.

Los fabricantes son los responsables de recoger, tratar y, en su caso, recuperar las materias primas de los productos que ponen en el mercado. Así pues, impulsados por la legislación vigente, los fabricantes de componentes y los constructores de vehículos asumen la gestión de los residuos que producen y por otro lado los talleres asumen su parte de responsabilidad para lograr que la industria del automóvil y el cuidado del medio ambiente no sean conceptos antagónicos actuando como depositarios de los residuos generados durante el uso del vehículo asegurándose de que cada sustancia y cada material vayan a su sitio adecuado.

En los talleres es necesario un cambio de mentalidad y es por ello que en este estudio además de fijarnos en los residuos generados en todas las fases de la vida de un vehículo, nos hemos centrado de un modo especial en los residuos que se generan en los talleres y en cómo debe realizarse la recogida de los mismos.

ÍNDICE MEMÓRIA

PRÓLOGO	1
RESUMEN	3
ÍNDICE MEMÓRIA	5
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	9
GLOSARIO	13
1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 OBJETO.....	15
1.2 ALCANCE.....	15
1.3 ESPECIFICACIONES BÁSICAS.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	16
2 INTRODUCCIÓN AL SECTOR	19
2.1 SITUACIÓN DEL SECTOR DEL AUTOMÓVIL	20
2.1.1 Producción de vehículos	20
2.1.2 Matriculaciones de vehículos	26
2.1.3 El parque de turismos	29
2.1.4 Resumen del sector en España	36
3 INTRODUCCIÓN AL AUTOMÓVIL	39
3.1 Composición, residuos y componentes de un automóvil	39
3.1.1 Composición	40
3.1.2 Residuos y componentes caracterizados	41
3.2 Alternativas actuales de tratamiento de los residuos.....	49
4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE AUTOMOVILES	55
4.1 Reciclaje en la fase de diseño	55
4.2 Funcionamiento de una planta de fabricación de automóviles	58
4.3 Reciclado de componentes en la línea de producción	65
5 PROCESO EN TALLERES	69

5.1 Descripción de los principales servicios proporcionados por un taller	69
5.2 El sector de los talleres de automoción en Cataluña	75
5.3 Obligaciones de los talleres en cuanto a residuos.....	80
6 PROCESO DE LOS VFU´S	81
6.1 Que tratamiento sigue un VFU en España.....	81
6.2 Recuperación de los VFU´s.....	83
6.2.1 Objetivos de recuperación de VFU´s – normativa	84
6.2.2 Componentes que se recuperan en la actualidad.....	84
6.2.3 Componentes que NO se recuperan en la actualidad	87
6.2.4 Propuesta de nuevas vías de recuperación.....	90
7 RECICLAJE ACTUAL Y NUEVAS PROPUESTAS PARA ALGUNOS COMPONENTES	93
7.1 Aceites.....	93
7.1.1 El proceso de reciclaje del aceite usado.....	94
7.1.2 Volúmenes de reciclado del aceite industrial.	96
7.2 Neumáticos (NFU´s).....	99
7.2.1 El proceso de reciclaje de los neumáticos	100
7.2.2 Volumen de reciclado de los neumáticos. NFU	112
7.3 Baterías	114
7.3.1 Situación actual	114
7.3.2 Presente de las baterías: las baterías de plomo.....	120
7.3.3 Futuro de las baterías: Las baterías de litio	142
7.3.4 Alternativa a las baterías: Pila de combustible	145
8 PUNTOS DÉBILES DETECTADOS EN EL PROCESO DE RECOGIDA DE RESIDUOS	155
9 PROPUESTA DE RED DE RECOGIDA EN TALLERES	157
9.1 Problemática en el establecimiento de las responsabilidades: Leyes y normativas	158
9.2 Problemas actuales de los talleres.....	162
9.3 Características de la red de recogida propuesta	163
9.4 Funcionamiento de la red	164
9.5 Repercusión de costes	165



10 CONCLUSIONES	167
11 BIBLIOGRAFÍA	171



ÍNDICE DE FIGURAS y TABLAS

Índice de figuras

FIGURA 1 PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS A NIVEL MUNDIAL (2008). FUENTE ANFAC	21
FIGURA 2 PRODUCCIÓN DE TURISMOS EN LA UE EN EL 2008. FUENTE ANFAC.....	21
FIGURA 3 PRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS INDUSTRIALES EN LA UE EN EL 2008. FUENTE ANFAC	22
FIGURA 4 UBICACIÓN DE LAS FACTORÍAS PRODUCTORAS DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA. FUENTE ANFAC.....	23
FIGURA 5 PRODUCCIÓN DE TURISMOS POR FABRICANTES (2008). FUENTE ANFAC	25
FIGURA 6 COMPARATIVA DATOS PRODUCCIÓN Y MATRICULACIÓN POR TIPO DE VEHÍCULO EN EUROPA. FUENTE ANFAC.....	26
FIGURA 7 MATRICULACIONES DE TURISMOS POR FABRICANTES (2008). FUENTE ANFAC	27
FIGURA 8. PARQUE DE VEHÍCULOS 2007. FUENTE ANFAC	30
FIGURA 9. VEHÍCULOS POR 1000 HABITANTES 2007. FUENTE ANFAC.....	30
FIGURA 10 PARQUE DE TURISMOS CON MÁS DE 10 AÑOS. COMPARATIVA AÑO 2006-2007. FUENTE ANFAC.....	33
FIGURA 11 VEHÍCULOS DADOS DE BAJA EN 2008 SEGÚN SU AÑO DE MATRICULACIÓN (ANTIGÜEDAD). FUENTE DGT.	36
FIGURA 12 DESPIECE DE UN AUTOMÓVIL. FUENTE BMW-MINI	39
FIGURA 13 COMPOSICIÓN DE UN VEHÍCULO EN % EN PESO. FUENTE SIGRAUTO.....	40
FIGURA 14 PORCENTAJES DE MATERIALES RECICLADOS SEGÚN SU COMPOSICIÓN. FUENTE: SIGRAUTO	53
FIGURA 15 VEHÍCULO CON PARACHOQUES DE TSOP. FUENTE TOYOTA	56
FIGURA 16 ESTRUCTURA DE UN VEHÍCULO ANTES/DESPUÉS DE AGRUPAR PIEZAS PARA FACILITAR DESMANTELAMIENTO. FUENTE: TOYOTA.....	56
FIGURA 17 CABECERA DE LA LÍNEA DE PRENSAS. FUENTE GRUPO PSA.....	58
FIGURA 18 PIEZAS YA CONFORMADAS PREPARADAS PARA SER ENSAMBLADAS. FUENTE: GRUPO PSA	59
FIGURA 19 ZONA DE UNIÓN DE LOS SUBENSAMBLES. FUENTE RENAULT	60
FIGURA 20 LÍNEA PRINCIPAL DE ENSAMBLADO. FUENTE: GRUPO PSA	61
FIGURA 21 CONTROL DIMENSIONAL POR MEDIO DE ROBOTS. FUENTE: FERRARI.....	61
FIGURA 22 ZONA DE TRATAMIENTO ANTICORROSIVO E IMPRIMACIÓN. FUENTE: GRUPO PSA.....	62
FIGURA 23 ZONA DE PINTADO Y CONTROL DE CALIDAD. FUENTE: GRUPO PSA	63
FIGURA 24 FASE DE ENSAMBLAJE DE ELEMENTOS. FUENTE: GRUPO PSA	64
FIGURA 25 ENSAMBLAJE DE LA TRANSMISIÓN Y ELEMENTOS EXTERIORES. FUENTE: GRUPO PSA.....	64
FIGURA 26 PRUEBA DEL VEHÍCULO Y ENVIÓ AL CONCESIONARIO. FUENTE: GRUPO PSA.....	65
FIGURA 27 PENETRACIÓN DE LOS DIFERENTES CANALES DE RECOGIDA DE RESIDUOS EN CATALUÑA 2007. FUENTE: GREMIO TALLERES BARCELONA.	77
FIGURA 28 RESIDUOS GENERADOS EN LAS REPARACIONES SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO Y DE TALLER. FUENTE: GREMIO DE TALLERES DE BARCELONA.	79
FIGURA 29 RESIDUOS DE PRODUCTOS EMPLEADOS POR EL TALLER EN LAS REPARACIONES. FUENTE: GREMIO DE TALLERES DE BARCELONA.	79
FIGURA 30 GESTORES DE VFU EN EL ESTADO ESPAÑOL. FUENTE: AETRAC	81
FIGURA 31 ESQUEMA DE LOS PROCESOS QUE SIGUE UN VFU. FUENTE SIGRAUTO	83

FIGURA 32. ZONA DE DESCONTAMINACIÓN EN UN CAT Y EQUIPOS AUTOMÁTICOS DE DESCONTAMINACIÓN. FUENTE SIGRAUTO	85
FIGURA 33. ALMACENES DE PIEZAS RECUPERADAS. FUENTE: SIGRAUTO	86
FIGURA 34. PANORÁMICA DE UNA PLANTA FRAGMENTADORA. FUENTE: FER	87
FIGURA 35 RESIDUO LIGERO DE FRAGMENTADORA Y RESIDUO PESADO DE FRAGMENTADORA SIN METALES. FUENTE SIGRAUTO	88
FIGURA 36 SALIDA DE RESIDUO LIGERO EN UNA FRAGMENTADORA Y DETALLE. FUENTE SIGRAUTO	89
FIGURA 37 RESIDUO PESADO DE FRAGMENTADORA SIN METALES Y DETALLE. FUENTE: SIGRAUTO.....	89
FIGURA 38 BIDONES DE RECOGIDA DE ACEITES USADOS DEBIDAMENTE ETIQUETADOS. FUENTE: SIGAUS	94
FIGURA 39 TRASLADO AL CENTRO DE ALMACENAMIENTO. FUENTE: SIGAUS	95
FIGURA 40 CENTRO DE VALORIZACIÓN. FUENTE: SIGAUS	95
FIGURA 41 EVOLUCIÓN 2007-2008 DEL ACEITE INDUSTRIAL PUESTO EN EL MERCADO Y EL ACEITE USADO RECOGIDO EN ESPAÑA (TONELADAS). FUENTE SIGAUS	96
FIGURA 42 CUMPLIMIENTO DEL OBJETIVO DE VALORIZACIÓN 100% ACEITE RECUPERADO. FUENTE SIGAUS	97
FIGURA 43. EVOLUCIÓN 2007-2008 DEL TRATAMIENTO DEL ACEITE USADO RECOGIDO EN ESPAÑA. FUENTE: SIGAUS	98
FIGURA 44. TIPOLOGÍA DE USOS DE LOS ACEITES INDUSTRIALES VENDIDOS EN ESPAÑA. FUENTE SIGAUS	98
FIGURA 45. CIRCUITO QUE REALIZA UN NFU. FUENTE: SIGNUS.....	101
FIGURA 46. DIFERENCIA DE CONSUMO DE PETRÓLEO ENTRE UN NEUMÁTICO RENOVADO Y UNO NUEVO/AHORRO EMISIONES DE CO2.. FUENTE: TNU.....	102
FIGURA 47 PROCESO DE RENOVADO DE UN NEUMÁTICO. FUENTE. TNU	102
FIGURA 48 INDUSTRIA CEMENTERA. FUENTE SIGNUS.....	104
FIGURA 49 CÉSPED ARTIFICIAL REALIZADO CON GRANULADO DE NFU. FUENTE: SIGNUS.....	106
FIGURA 50 SUELO DE SEGURIDAD ELABORADO CON GRANULADO DE NEUMÁTICOS. FUENTE: SIGNUS.....	106
FIGURA 51 NEUMÁTICOS USADOS EN JARDINES. FUENTE: SIGNUS	107
FIGURA 52 ESTRUCTURA SUMERGIDA REALIZADA CON NEUMÁTICOS. FUENTE: SIGNUS	107
FIGURA 53 NEUMÁTICOS UTILIZADOS COMO BARRERA DE CIRCUITOS. FUENTE: SIGNUS	108
FIGURA 54 CARRETERA QUE CONTIENE POLVO DE NFU QUE MEJORA SUS CUALIDADES. FUENTE: SIGNUS	109
FIGURA 55 RESTOS DE NEUMÁTICOS USADOS COMO RELLENO DE TERRAPLENES. FUENTE SIGNUS.....	110
FIGURA 56 DEPOSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA REALIZADO CON NFU. FUENTE: SIGNUS	110
FIGURA 57 MURO CREADO CON NFU. FUENTE: SIGNUS.....	111
FIGURA 58 RECICLADO Y VALORIZACIÓN NEUMÁTICOS 2008. FUENTE: SIGNUS.....	113
FIGURA 59 TOTAL NFU GESTIONADO 2008:(230.407 T). FUENTE: SIGNUS.....	113
FIGURA 60 DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE VEHÍCULO HÍBRIDO EXISTENTES EN LA ACTUALIDAD. FUENTE: TOYOTA. ..	117
FIGURA 61 GRÁFICO COMPARATIVO “DENSIDAD DE POTENCIA/DENSIDAD ENERGÉTICA” DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BATERÍAS.....	120
FIGURA 62 COMPONENTES DE LA BATERÍA DE PLOMO. FUENTE: [BAÑERES 2003]	121
FIGURA 63 DIAGRAMA DE CICLO DE VIDA DE LAS BATERÍAS DE PLOMO. FUENTE: UNIPLOM	130
FIGURA 64.DATOS DE EFICACIA EN LA RECUPERACIÓN. FUENTE: UNIPLOM.....	131
FIGURA 65. ESQUEMA DE LA UNIDAD DE TRITURADO Y SEPARACIÓN DE COMPONENTES DE UNA PLANTA DE RECICLAJE DE BATERÍAS DE PLOMO FUERA DE USO. FUENTE: UNIPLOM.....	136

FIGURA 66. ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN PROCESO METALÚRGICO TRADICIONAL PARA EL RECICLAJE DE BATERÍAS USADAS. FUENTE: UNIPLOM	138
FIGURA 67 BATERÍAS DE ION LITIO. FUENTE: EMPRESA TOXCO.....	143
FIGURA 68 ESQUEMA DEL PROCESO QUE TIENE LUGAR EN EL INTERIOR DE UNA PILA DE COMBUSTIBLE. FUENTE: FECYT	146
FIGURA 69 ESQUEMA DE UNA PILA DE COMBUSTIBLE DE HIDRÓGENO. FUENTE: FUNDACIÓN ESPAÑOLA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. FUENTE: FECYT.....	148
FIGURA 70 FUNCIONAMIENTO PILA COMBUSTIBLE INVERSO A LA ELECTRÓLISIS. FUENTE: FECYT	148
FIGURA 71 REPRESENTACIÓN DE UNA PILA DE COMBUSTIBLE CON TRES CÉLULAS DE COMBUSTIBLE, DOS PLACAS BIPOLARES Y DOS PLACAS FINALES. FUENTE: TECNO CIENCIA.....	149
FIGURA 72. PILA DE COMBUSTIBLE DE UN AUTOBÚS DE PASAJEROS MAN. FUENTE: MAN.....	151
FIGURA 73 ESQUEMA DE UN AUTOMÓVIL CON PILA DE COMBUSTIBLE. FUENTE: FORD.....	152
FIGURA 74 ESTACIONES DE SERVICIO H2 EN EUROPA (2007). FUENTE: LBST	153
FIGURA 75 ESQUEMA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE RESIDUOS DURANTE EL CICLO DE VIDA DEL AUTOMÓVIL. FUENTE: SIGRAUTO.....	155
FIGURA 76. CIRCUITO RECORRIDO POR LOS RECAMBIOS Y SUS RESIDUOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE SERNAUTO.	159
FIGURA 77. CIRCUITO DE RESPONSABILIDAD DE LOS CFU. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS DE SERNAUTO.	161

Índice de tablas

TABLA 1. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE VEHÍCULOS. FUENTE ANFAC.....	20
TABLA 2 DATOS ECONÓMICOS DEL SECTOR FABRICANTE DE VEHÍCULOS EN ESPAÑA .FUENTE ANFAC	22
TABLA 3 EMPRESAS Y MARCAS QUE PRODUCEN EN ESPAÑA EN EL 2008. FUENTE ANFAC	24
TABLA 4 PRODUCCIÓN ESPAÑOLA DE VEHÍCULOS POR MARCAS Y TIPO EN UNIDADES (2008). FUENTE ANFAC.....	25
TABLA 5 MATRICULACIONES DE TURISMOS EN ESPAÑA 2008. FUENTE ANFAC	27
TABLA 6 MATRICULACIÓN POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN EL AÑO 2008. FUENTE ANFAC.....	28
TABLA 7 MATRICULACIÓN DE TURISMOS POR SEGMENTOS. FUENTE ANFAC	29
TABLA 8 PARQUE Y VEHÍCULOS POR CADA 1000 HABITANTES EN EL AÑO 2007. FUENTE ANFAC.....	29
TABLA 9 PARQUE Y VEHÍCULOS CADA 1000 HABITANTES EN EL AÑO 2007. FUENTE ANFAC.....	31
TABLA 10 PARQUE DE VEHÍCULOS CON MÁS DE DIEZ AÑOS EN UE (%) COMPARATIVA AÑO 2006-2007. FUENTE: ANFAC.....	32
TABLA 11 EVOLUCIÓN DEL PARQUE NACIONAL DE VEHÍCULOS SEGÚN TIPO ENTRE 1999 Y 2008. FUENTE DGT	34
TABLA 12 COMPOSICIÓN EN % DEL PARQUE VEHÍCULOS EN ESPAÑA CON FECHA 31/12/2008. FUENTE DGT.	34
TABLA 13 PORCENTAJE DE VEHÍCULOS CON MÁS DE 10 AÑOS. COMPARATIVA DESDE 2005 HASTA 2008. FUENTE: DGT	35
TABLA 14 RELACIÓN DE VEHÍCULOS DADOS DE BAJA EN LOS AÑOS 2007 Y 2008. FUENTE DGT.	35
TABLA 15 TIPOLOGÍA DE LOS VEHÍCULOS DADOS DE BAJA ENTRE LOS AÑOS 1999 Y 2008. FUENTE DGT.....	36
TABLA 16 DATOS BÁSICOS DEL SECTOR. FUENTE ANFAC.....	37
TABLA 17 VARIACIÓN DE LA MEDIA DE COMPOSICIÓN DE LOS VEHÍCULOS. FUENTE RECYCLING INTERNATIONAL. PLAN NACIONAL VFU.....	41

TABLA 18 NUMERO DE CARBONOS E INTERVALO DE DESTILACIÓN DE LAS GASOLINAS Y GASÓLEO.	43
TABLA 19 COMPOSICIÓN NEUMÁTICO S.A.	45
TABLA 20 PLÁSTICOS EN EL AUTOMÓVIL. FUENTE: APME.	47
TABLA 21 PRINCIPALES PELIGROS AMBIENTALES EN LAS INSTALACIONES DE UNA FÁBRICA DE AUTOMÓVILES. FUENTE: VOLKSWAGEN NAVARRA.	67
TABLA 22 SEGMENTACIÓN DEL SECTOR DE LOS TALLERES DE AUTOMOCIÓN EN CATALUÑA. FUENTE: GREMIO DE TALLERES DE BARCELONA.	76
TABLA 23 PRINCIPALES RESIDUOS PELIGROSOS RECOGIDOS POR SIRCAT EN TALLERES (2004-2006). FUENTE: SIRCAT.	77
TABLA 24 CANTIDADES DE RESIDUOS GENERADAS POR LOS TALLERES ELECTROMECAÑICOS EN CATALUÑA/AÑO. FUENTE: GREMIO TALLERES BARCELONA.	78
TABLA 25 OBJETIVOS DE RECUPERACIÓN FIJADOS EN LA DIRECTIVA 2000/53/CE. FUENTE: SIGRAUTO.	84
TABLA 26. COMPONENTES DE UN VFU MÁS REUTILIZABLES. FUENTE: AGENCIA DE RESIDUOS DE CATALUÑA.	86
TABLA 27 USOS DE LOS ACEITES RECOGIDOS POR EL GESTOR DE RECOGIDA. FUENTE: SIGAUS.	96
TABLA 28 TABLA COMPARATIVA DE PRECIOS/NEUMÁTICO TRATADO EN UN SIG. FUENTE: TNU Y SIGNUS.	114
TABLA 29: PRINCIPALES TIPOS DE BATERÍAS EXISTENTES. FUENTE: REVE (REGULACIÓN EÓLICA CON VEHÍCULOS ELÉCTRICOS).	118
TABLA 30. COMPOSICIÓN APROXIMADA DE UNA BATERÍA DE PLOMO FUERA DE USO. FUENTE. [BAÑERES 2003] ...	124
TABLA 31. COMPOSICIÓN APROXIMADA DE LA PASTA DE PLOMO. FUENTE: [BAÑERES 2003] ..	124
TABLA 32. COMPARACIÓN ENTRE LA BATERÍA DE PLOMO Y OTROS TIPOS DE BATERÍA. FUENTE: [BAÑERES 2003] ..	127
TABLA 33. TECNOLOGÍAS APLICADAS PARA EL RECICLAJE DE BATERÍAS USADAS EN EUROPA OCCIDENTAL [BAÑERES 2003] ..	137
TABLA 34 EVOLUCIÓN DE LAS PILAS DE COMBUSTIBLE. LOGROS ALCANZADOS. FUENTE: [BUDD 2006] ..	150

GLOSARIO

SIGRAUTO: Asociación Española para el Tratamiento Medioambiental de los Vehículos Fuera de Uso. Está constituida por los principales sectores involucrados en el tratamiento de los vehículos fuera de uso, es decir, fabricantes e importadores de vehículos, desguazadores y fragmentadores a través de sus respectivas asociaciones sectoriales (ANFAC, ANIACAM, AEDRA y FER). El objeto de SIGRAUTO es velar por la aplicación de los requisitos que establece la nueva legislación sobre vehículos fuera de uso.

ANFAC: Asociación nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones.

SERNAUTO: Asociación de Fabricantes de equipos y componentes para automoción.

FACONAUTO: Federación de asociaciones de Concesionarios de Automoción.

ANIACAM: La Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas,

AEDRA: La Asociación Española del Desguace y Reciclaje del Automóvil

FER: Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje.

ECOAUTO: Asociación Nacional de Recicladores Ecológicos del Automóvil.

DGT: Dirección General de Tráfico.

SIRCAT: Servicio integral de recogida y gestión de residuos de Automoción.

APME: Association of plastics Manufacturers.

AETRAC: Associació d'Empreses de Tractament de Vehicles Fora d'Ús de Catalunya.

OFICEMEN: Agrupación de fabricantes de cemento de España.

REVE: Regulación Eólica con Vehículos Eléctricos.

VFU: Vehículos fuera de uso.

NFU: Neumáticos fuera de uso.

CFU: Componentes fuera de uso.



- CAT: Centro Autorizado de Tratamiento.
- SIGAUS: Sistema Integrado de Gestión de Aceites Usados.
- SIGNUS: Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados.
- TNU: Tratamiento de Neumáticos Usados.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO

El objeto del presente estudio consiste en elaborar un diagnóstico de la situación actual del reciclado de los componentes y residuos del automóvil, para extraer conclusiones y realizar propuestas de mejora de reciclaje en las diferentes fases de la vida de un automóvil.

1.2 ALCANCE

Se realizará un estudio de la situación del sector del automóvil en España y se explicará que componentes del automóvil se convertirán en residuo y que tratamientos deben recibir para ser reciclados adecuadamente.

A continuación se explicarán las tres etapas en la vida de un automóvil: 1) El proceso de fabricación de automóviles en la industria y el reciclado realizado en esta etapa; 2) El proceso de reciclado en talleres y sus obligaciones; 3) La recuperación de los VFU's al final de la vida útil del vehículo.

Además del análisis de la situación actual de la gestión de residuos se establecerán conclusiones que ayuden a gestionar estos residuos en las fases 1 y 3 donde se detecte que la problemática no está del todo bien resuelta presentando para ello posibles soluciones o mejoras.

Por otro lado, se plantearán los puntos débiles que existen en la recogida actual de residuos (fase 2), se explicarán también nuevas propuestas de reciclaje para algunos de los componentes del automóvil y se detallará una nueva propuesta de red para la recogida de residuos en los talleres.

El alcance geográfico del estudio es el territorio nacional y el análisis de generación de residuos a lo largo de la vida útil de los vehículos se ha basado en información general y de detalle en algunos casos concretos para todo el territorio español y en especial Cataluña.

No se evaluará el coste de la nueva propuesta de red para la recogida ni ningún otro cálculo económico.

1.3 ESPECIFICACIONES BÁSICAS

Las especificaciones marcadas para la realización de éste proyecto consisten en evaluar la situación en la que se encuentra el reciclado de residuos del automóvil en las diferentes fases de su ciclo de vida y realizar propuestas de mejora o

alternativas para facilitar una mejor gestión de dichos residuos que permitan mejorar el actual 85% de recuperación y ayudar a aproximarse al objetivo del 95% del peso del vehículo reciclado, reutilizado y valorizado, marcado por la Directiva europea 2000/53.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los vehículos forman parte de nuestra vida diaria y no se podría concebir la vida tal y como la conocemos sin éste elemento. Utilizamos cada vez más vehículos y éstos a su vez generan una gran cantidad de residuos, muchos de ellos, considerados peligrosos por la UE, que deben ser tratados y gestionados para reducir su impacto en el medioambiente.

Éste hecho y las exigentes normativas europeas (Directiva 200/53), han motivado la realización de éste estudio con el fin de evaluar en qué situación se encuentra el reciclaje de los residuos generados por los vehículos en las diferentes fases del ciclo de vida de un automóvil (Producción, mantenimiento en talleres y fin de vida) intentando detectar los puntos más débiles en éste proceso y realizando propuestas de mejora cuando sea posible.

Cada vehículo debe ser concebido para cumplir con las exigencias de las próximas décadas y construido para ofrecer una vida útil especialmente larga y respetuosa con el medioambiente. Las medidas ecológicas deben aplicarse tanto en los automóviles como en las plantas de producción, talleres, concesionarios y en todos los actores implicados en el reciclado de vehículos tanto en su vida útil como en su fin de uso.

La generación de residuos del automóvil en España está estrechamente ligada al parque y a las bajas de vehículos, como factores explicativos de la generación de residuos de vehículos en uso y de vehículos fuera de uso, respectivamente. En España el parque de vehículos asciende a un poco más de 27 millones de unidades y las bajas que se realizan en un año rondan el millón de unidades (datos 2008).

A nadie le resulta indiferente el reciclaje de los residuos en general y es obvio que los automóviles son y seguirán siendo por ahora unos grandes generadores de residuos. Se estima que en la actualidad y únicamente teniendo en cuenta el parque móvil español, se recogen unas 800.000 toneladas de residuos de automóviles en su fin de vida y los talleres generan alrededor de 500.000 toneladas más en residuos de componentes y reparaciones.

La imagen de los talleres de automóviles llenos de cartones impregnados de aceites donde el orden brilla por su ausencia y donde se amontonan ruedas y

baterías junto con otros residuos a la intemperie, va disminuyendo, gracias en parte, a las duras normativas de reciclado de residuos peligrosos y a la concienciación medioambiental creciente en todos los ámbitos de nuestra sociedad.

Todavía queda mucho trabajo por realizar y por todos éstos motivos es necesario apostar por alcanzar unos niveles de recuperación máximos y para ello antes debemos conocer como se están consiguiendo en la actualidad los niveles de reciclaje, para ver, qué puntos deben mejorarse todavía más tal y como veremos en el presente estudio.



2 INTRODUCCIÓN AL SECTOR

El automóvil es una parte fundamental en la vida de las personas, sobre todo en los países desarrollados. Todas las familias tienen entre uno y dos vehículos de media por vivienda. Los automóviles nos llevan a trabajar, de vacaciones, a ver a los amigos, los vemos como un servicio, sin prestar la suficiente atención a lo que sucede cuando dejan de sernos útiles. En ese momento los vehículos pasan a ser un residuo y no hay que olvidar que durante su vida útil están generando continuamente residuos cada vez que necesitan una reparación.

Desde los años 70, la relación del automóvil con el medio ambiente ha sido observada especialmente desde el punto de vista de las emisiones y los humos que contaminan las ciudades.

Durante estos últimos 20-30 años los fabricantes, presionados por la sociedad y las instituciones, han logrado reducir las emisiones de los automóviles hasta límites inimaginables hace unos años. Se ha mejorado mucho en el diseño de los vehículos, de los neumáticos y de los escapes para disminuir los problemas acústicos, pero estos avances y este cambio medioambiental no han sido tan grandes si miramos al automóvil como una fuente de residuos. Además los fabricantes cada vez tienen a su disposición una mayor variedad de materiales que combinan entre sí creando nuevos residuos difíciles de reciclar o reutilizar en muchos de los casos debido a incompatibilidades.

La concepción de vida útil de un vehículo es una cadena que comienza con el fabricante, sigue en el concesionario, durante su vida útil junto al usuario y en los talleres de reparación para finalizar en el momento en el que se da de baja y se entrega a un centro de recogida de VFU's.

Hay un reconocimiento institucional a nivel europeo de este hecho que llega de la mano de la Directiva 2000/53/CEE, sobre vehículos al final de su vida útil. Esta directiva nos modifica el marco actual y propone casi una integración filosófica del concepto de vehículo como residuo desde la fase misma del diseño del automóvil.

El vehículo es por tanto un producto esencial que es a su vez, una fuente contaminante para el medio ambiente, sobre todo si tenemos en cuenta el volumen de vehículos que circulan por las carreteras de todo el mundo y más concretamente por las de Europa y nuestro país. (El parque móvil de España en 2008 era de más de 27 millones de vehículos).

2.1 SITUACIÓN DEL SECTOR DEL AUTOMÓVIL

Es importante tener una visión general del sector en cuanto a producción, matriculaciones y el parque nacional de vehículos tanto a nivel mundial, como a nivel europeo y nacional (España), para poder percibir la importancia que tiene el reciclaje de los diferentes componentes y residuos del automóvil durante toda su vida. Además nos interesa poder apreciar con cifras el volumen y la tipología de los automóviles que son fabricados y que circulan por nuestras carreteras y son reparados en los talleres.

2.1.1 Producción de vehículos

El tipo de vehículo más extendido a nivel mundial es el turismo, seguido de los vehículos industriales. Los principales productores de vehículos del tipo turismo son Europa, Japón y China y en el caso de vehículos industriales los líderes son USA, China y Europa tal y como podemos ver en los datos presentados en la tabla 1.

País Country	Turismos Cars	%08/07	Veh. Indus. Trucks	%08/07	TOTAL	%08/07
UE-15/EU-15	13.027.118	-9,7	2.349.210	-5,8	15.376.328	-9,1
JAPÓN/JAPAN	9.916.149	-0,3	1.647.480	-0,3	11.563.629	-0,3
CHINA	6.755.609	7,3	2.567.978	-0,3	9.323.587	5,1
USA	3.776.641	-3,8	4.896.450	-28,3	8.673.091	-19,3
ALEMANIA/GERMANY	5.532.030	-3,1	513.700	1,9	6.045.730	-2,7
COREA DEL SUR/SOUTH KOREA	3.450.478	-7,3	376.204	3,7	3.826.682	-6,4
BRASIL/BRAZIL	2.561.496	7,1	658.979	12,5	3.220.475	8,2
FRANCIA/FRANCE	2.145.935	-15,9	423.043	-9,0	2.568.978	-14,8
ESPAÑA/SPAIN	1.943.049	-11,5	598.595	-13,7	2.541.644	-12,0
INDIA	1.829.677	6,8	484.985	-10,2	2.314.662	2,7
MÉJICO/MEXICO	1.241.288	2,7	949.942	7,2	2.191.230	4,6
CANADÁ	1.195.436	-10,9	882.153	-28,7	2.077.589	-19,4
REINO UNIDO/UNITED KINGDOM	1.446.619	-5,7	202.896	-5,9	1.649.515	-5,8
ITALIA/ITALY	659.221	-27,6	364.553	-2,4	1.023.774	-20,3
Totales:	52.476.423 unidades		17.770.154 unidades		70.246.577 unidades	

Tabla 1. Principales países productores de vehículos. Fuente ANFAC

A pesar de la disminución generalizada en unidades producidas durante el 2008 respecto al año anterior, como podemos apreciar en los datos en % (en color rojo) de la tabla 1, la producción mundial de vehículos supera los 70 millones de unidades anuales lo que nos da una idea de la importancia que tiene su correcta fabricación, teniendo en cuenta, los materiales a emplear, su mantenimiento y el reciclaje o reutilización de sus componentes. Podemos ver estos datos de una forma más representativa en la figura 1 apreciando rápidamente el dominio de

Asia-Oceanía, América y Europa que concentran la mayor parte de la producción mundial.

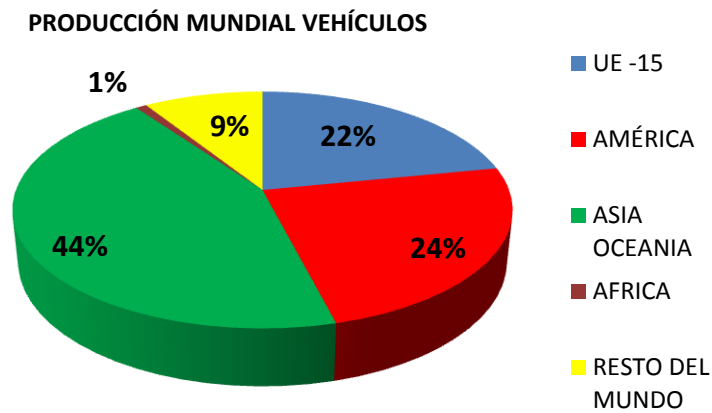


Figura 1 Producción de vehículos a nivel mundial (2008). Fuente ANFAC

En Europa, el máximo productor de turismos es con diferencia Alemania seguida de Francia y España. Entre los tres países producen casi un 75% de los vehículos del total de la unión Europea tal y como podemos ver en los datos presentados en la figura 2.

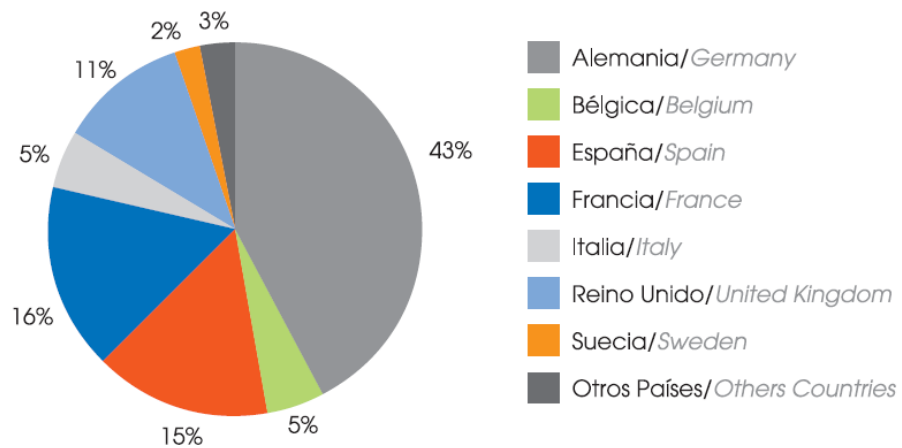


Figura 2 Producción de turismos en la UE en el 2008. Fuente ANFAC

España es la máxima productora de vehículos industriales seguida por Alemania, Francia e Italia. Ver figura 3.

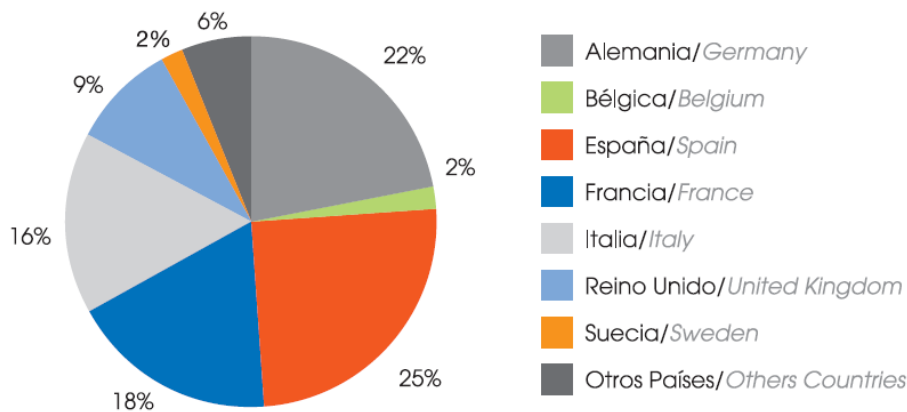


Figura 3 Producción de vehículos industriales en la UE en el 2008.

Fuente ANFAC

El sector del automóvil es uno de los pilares fundamentales para la economía española, generando, en 2008, cerca del 9% del empleo tanto directo como indirecto sobre la población activa y aportando al PIB el 3,5%. El mercado interior en 2008-2009 ha mostrado una gran debilidad en línea con la desconfianza del consumidor, el continuo aumento del desempleo y la falta de crédito, sin embargo, hay que destacar la recuperación en los niveles de inversión que descendieron fuertemente en 2007 y que en 2008 han conseguido remontarse por encima de los 1.600 millones de euros, lo que demuestra todavía una cierta confianza de las casas matrices en las factorías que se encuentran ubicadas en España. Ver tabla 2.

	2005	2006	2007	2008
FACTURACIÓN (EN MILL DE EUROS)/ TURNOVER (IN MILLION EUROS)	46.825	48.190	51.768	38.421
BENEFICIOS (EN MILL DE EUROS)/ EARNINGS (IN MILLION EUROS)	163	258	584	-333
INVERSIONES (EN MILL DE EUROS)/ INVESTMENT (IN MILLION EUROS)	1.740	1.615	1.263	1.676
RATIO BENEFICIOS SOBRE FACTURACIÓN/ EARNINGS TO TURNOVER RATIO	0,3	0,5	1,1	-0,9
EMPLEO DIRECTO /DIRECT JOBS	72.331	70.601	69.929	67.264

Tabla 2 Datos económicos del sector fabricante de vehículos en España .Fuente ANFAC

En España una importante cantidad de marcas de automóviles han instalado una factoría. Entre ellas Renault, Ford, General Motors, Peugeot, Citroën, Seat, Volkswagen, Santana motor, Iveco Pegaso, Mercedes Benz y Nissan. En la Figura 4 podemos ver su ubicación a lo largo y ancho del país.



Figura 4 Ubicación de las fábricas productoras de vehículos en España. Fuente ANFAC

En la tabla 3 se puede observar la relación de dichas empresas con sus respectivas marcas y los modelos de vehículos que se producen en España, en este caso durante el año 2008.

Empresas Makes	Fábricas Factories	Marca Make	Tipo Type	Modelo Model
RENAULT ESPAÑA	Valladolid	Renault	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	Modus, Clio
	Palencia	Renault	Turismos/ <i>Passenger cars</i> Comerciales ligeros/ <i>Light commercial vehicles</i>	Megane Megane
FORD ESPAÑA	Valencia	Ford	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	Ka, Focus, Fiesta
GENERAL MOTORS ESPAÑA	Zaragoza	Opel	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	Corsa, Meriva
			Comerciales ligeros/ <i>Light commercial vehicles</i>	Combo
PEUGEOT CITROËN AUTOMOVILES ESPAÑA	Vigo	Citroën	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	Xsara Picasso, C4 Picasso
			Comerciales ligeros/ <i>Light commercial vehicles</i>	Berlingo
	Madrid	Peugeot	Comerciales ligeros/ <i>Light commercial vehicles</i>	Partner
			Citroën	Turismos/ <i>Passenger cars</i>
Peugeot	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	207		

SEAT	Barcelona	Seat	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	Altea, Córdoba, Ibiza León, Toledo, Exeo
VOLKSWAGEN	Navarra	Volkswagen	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	Polo
SANTANA MOTOR	Jaen	Iveco	Todo terreno/ <i>4wd (Jeep type)</i>	Massif
		Suzuki	Todo terreno/ <i>4wd (Jeep type)</i>	Jimny
		Santana	Todo terreno/ <i>4wd (Jeep type)</i>	Anibal, Santana
IVECO PEGASO	Valladolid	Iveco	Furgones/ <i>Vans</i>	Daily
			Industriales ligeros/ <i>Light trucks</i>	Daily
	Madrid	Iveco	Industriales pesados/ <i>Heavy trucks</i>	Trakker, Stralis
			Tractocamiones/ <i>Truck tractors</i>	Trakker, Stralis
Barcelona	Iveco	Autobuses y autocares/ <i>Buses & coaches</i>	Euroridder y Cityclass	
MERCEDEZ BENZ	Alava	Mercedes	Turismos/ <i>Passenger cars</i>	Viano
			Furgones/ <i>Vans</i>	Vito
NISSAN MOTOR IBERICA	Barcelona	Nissan	Todo terreno/ <i>4wd (Jeep type)</i>	Pathfinder, Navara
			Furgones/ <i>Vans</i>	Primastar
		Renault	Furgones/ <i>Vans</i>	Trafic
	Opel	Furgones/ <i>Vans</i>	Vivaro	
	Avila	Nissan	Industriales ligeros/ <i>Light trucks</i> Industriales pesados/ <i>Heavy trucks</i>	Atleón, Cabstar Atleón

Tabla 3 Empresas y marcas que producen en España en el 2008.

Fuente ANFAC

La producción española de vehículos ha descendido en el año 2008 un 12%, situándose con un volumen de poco más de 2,5 millones de unidades. A pesar de que se han fabricado cerca de 350 mil vehículos menos que el año anterior, España conserva su tercer puesto como productor europeo.

Por tipo de vehículo, los de mayor volumen de unidades fabricadas son los turismos, con un total de 1.943.049 turismos fabricados durante el año 2008.

La producción de vehículos industriales en España ascendió a un total de 527.783 vehículos. Todos los segmentos han recortado los niveles de producción con respecto al año anterior, en línea con el mal comportamiento de la industria y el comercio en Europa y España.

En la tabla 4 podemos observar los datos de producción en España distribuidos según el tipo de vehículo (Unidades de turismos, todoterrenos y vehículos industriales junto con % que representan del total de la producción).

Si nos centramos en el sector de los turismos, que es el más abundante en España (76,44% de la producción y 85,22% de las matriculaciones), podemos observar en la figura 5, que SEAT fabrica un 19,06% de los turismos producidos en España (durante el año 2008) seguida muy de cerca por GM (18,85%) y FORD (18,41%).

Subsector	2008	% s/total subsector	% var. 08/07
TURISMOS			
SEAT	370.293	19,06%	-7,13
General Motors España	366.186	18,85%	-13,83
Ford	357.646	18,41%	-14,64
Peugeot Citroën Automòviles España	317.349	16,33%	-26,96
Volkswagen	259.000	13,33%	13,38
Renault España	250.663	12,90%	-7,41
DaimlerChrysler España	21.912	1,13%	12,36
Total	1.943.049	100	-11,51
TODOTERRENOS			
Nissan Motor Ibèrica	66.298	93,63%	-37,63
Santana Motor	4.514	6,37%	-32,55
Total	70.812	100	-37,33
VEHÍCULOS INDUSTRIALES			
Peugeot Citroën Automòviles España	237.019	44,91%	-4,86
Nissan Motor Ibèrica	90.873	17,22%	-21,97
DaimlerChrysler España	80.488	15,25%	3,72
General Motors España	57.006	10,80%	-7,18
Iveco España	55.097	10,44%	-16,36
Renault España	7.300	1,38%	-30,04
Total	527.783	100	-9,15
TOTAL GLOBAL	2.541.644	100	-12,04

Tabla 4 Producción española de vehículos por marcas y tipo en unidades (2008). Fuente ANFAC

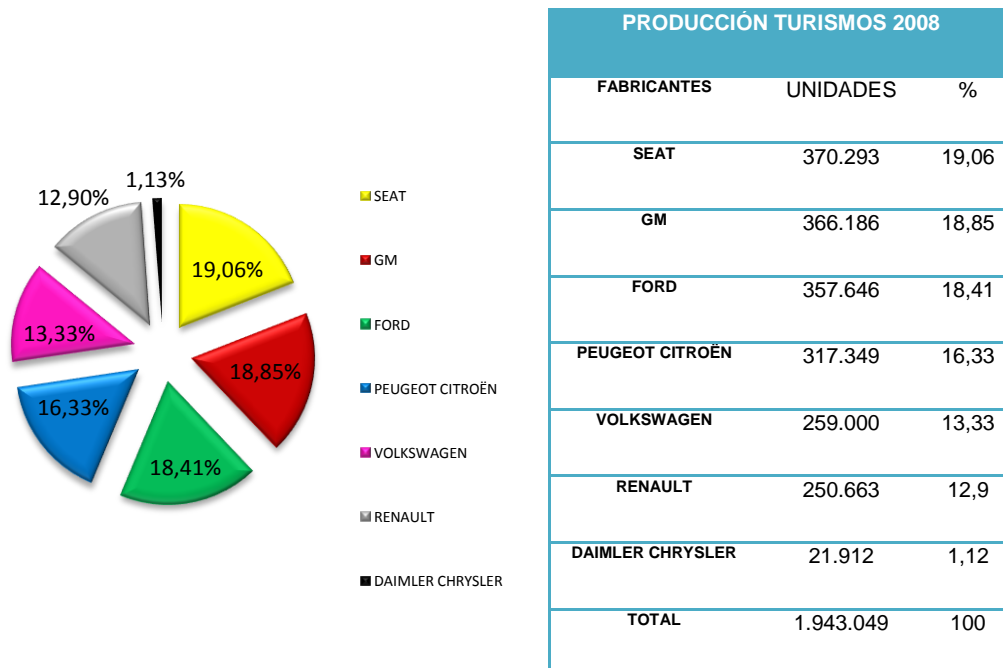


Figura 5 Producción de turismos por fabricantes (2008). Fuente ANFAC

2.1.2 Matriculaciones de vehículos

Un dato importante es el número de matriculaciones que se realizan en cada zona del mundo. En el caso de Europa las diferencias entre la producción y las matriculaciones son muy pequeñas y podemos observar que las cifras de unidades producidas y las matriculadas quedan prácticamente igualadas. En la figura 6 podemos observar estas diferencias.

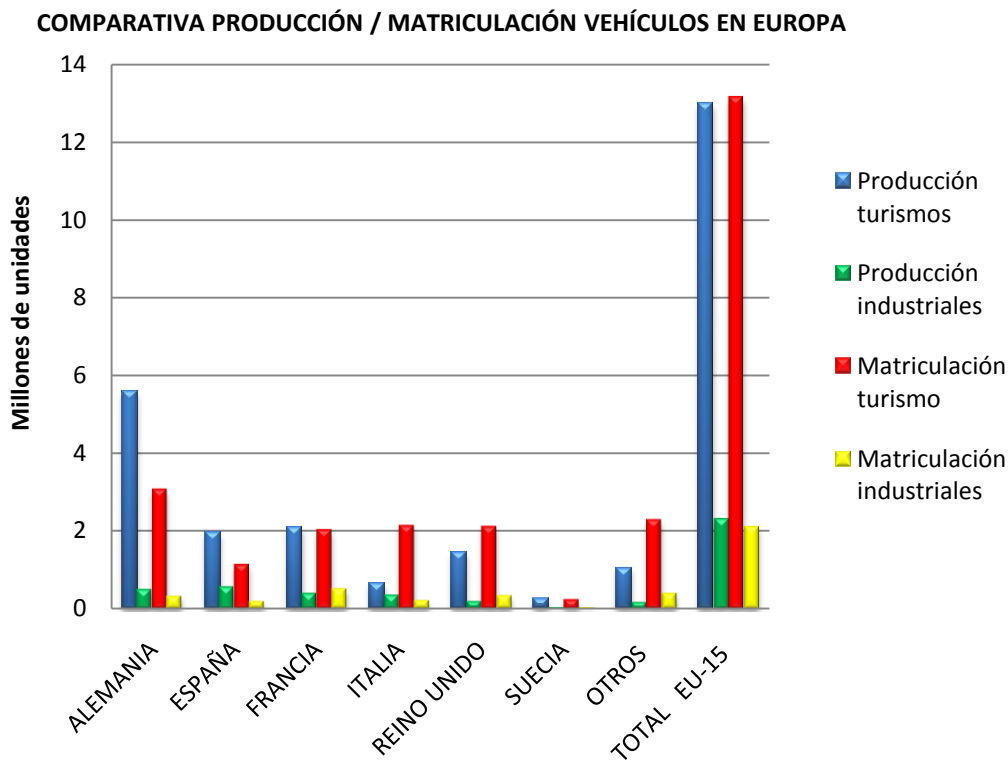


Figura 6 Comparativa datos producción y matriculación por tipo de vehículo en Europa. Fuente ANFAC

En cuanto a matriculaciones dentro de España, las marcas con más unidades vendidas son FORD, PEUGEOT, CITROËN, SEAT Y RENAULT con más de 100.000 unidades matriculadas.

En la tabla 5 y en la figura 7, podemos ver que el líder en ventas es FORD (9,16%) seguido de PEUGEOT (8,86%) y CITROËN (8,81%), seguidas muy de cerca por SEAT (8,79%) y RENAULT (8,72%).

MATRICULACIONES TURISMOS 2008		
MARCAS	UNIDADES	%
FORD	106.403	9,16
PEUGEOT	102.882	8,86
CITROËN	102.266	8,81
SEAT	102.125	8,79
RENAULT	101.299	8,72
OPEL	74.502	6,42
VOLKSWAGEN	94.939	8,18
TOYOTA	57.829	4,98
AUDI	48.909	4,21
B.M.W.	47.821	4,12
OTRAS	322.201	27,75
TOTAL	1.161.176	100

Tabla 5 Matriculaciones de turismos en España 2008. Fuente ANFAC

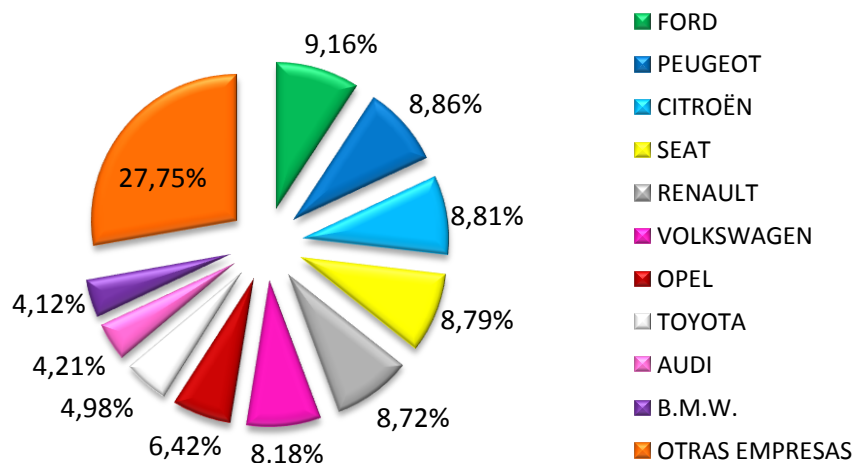


Figura 7 Matriculaciones de turismos por fabricantes (2008). Fuente ANFAC

En la tabla 6 podemos observar el número de vehículos matriculados por comunidad autónoma. Madrid es con mucha diferencia la comunidad con más vehículos matriculados en el 2008.

Comunidad autónoma Regional Government	Automóviles de turismo Passenger cars			Vehículos industriales Industrial vehicles		
	Unidades Units	%S/Total % Share	%Cto.08/07 % Growth	Unidades Units	%S/Total % Share	%Cto.08/07 % Growth
ANDALUCÍA	174.544	15,0	-30,0	24.666	12,2	-41,8
ARAGÓN	29.745	2,6	-29,1	11.539	5,7	-33,5
ASTURIAS	21.819	1,9	-25,8	3.425	1,7	-32,9
BALEARES	31.921	2,7	-36,5	4.539	2,3	-44,2
CANARIAS	43.950	3,8	-39,5	9.550	4,7	-52,5
CANTABRIA	11.982	1,0	-30,9	1.943	1,0	-40,0
CASTILLA LA MANCHA	37.324	3,2	-32,0	7.802	3,9	-44,7
CASTILLA LEÓN	45.176	3,9	-30,2	8.653	4,3	-37,0
CATALUÑA	162.760	14,0	-30,2	27.942	13,9	-41,8
CEUTA Y MELILLA	3.732	0,3	-21,4	254	0,1	-7,3
COMUNIDAD VALENCIANA	130.219	11,2	-30,5	19.099	9,5	-42,1
EXTREMADURA	17.453	1,5	-29,2	3.289	1,6	-37,1
GALICIA	55.168	4,8	-27,0	7.823	3,9	-33,9
LA RIOJA	5.280	0,5	-32,0	1.277	0,6	-42,1
MADRID	307.870	26,5	-19,4	53.312	26,5	-27,5
MURCIA	26.447	2,3	-41,0	4.976	2,5	-49,1
NAVARRA	12.458	1,1	-26,2	2.923	1,5	-38,2
PAÍS VASCO	43.328	3,7	-24,6	8.355	4,1	-29,2
TOTAL ESPAÑA	1.161.176	100,0	-28,1	201.367	100,0	-37,9

Tabla 6 Matriculación por comunidades autónomas en el año 2008.

Fuente ANFAC

En el análisis del mercado por tipo de carburante debe destacarse que a lo largo de 2008, se ha producido un leve recorte en el avance hacia la dieselización, con un retorno a la cuota del año 2005, después de 10 años ininterrumpidos de fuertes aumentos. Este cambio de tendencia tendría relación con el desarrollo de los motores de gasolina más eficientes y con menos emisiones.

El mayor volumen del mercado sigue concentrándose en los segmentos pequeño y medio, con más de un 75% de cuota. La distribución de la demanda entre los distintos segmentos ha cambiado a lo largo del año como consecuencia, en primer lugar, de la crisis económica. Esta circunstancia ha dirigido la demanda hacia vehículos de segmentos más pequeños. En segundo lugar, el cambio fiscal que ha eliminado el impuesto para vehículos con menos emisores de CO₂, ha propiciado también la compra de vehículos de los segmentos de menor tamaño. Como contrapartida, se han resentido los monovolúmenes y los vehículos todo terreno, con recortes en la demanda superiores al 55% tal y como vemos en los datos de la tabla 7.

	2006		2007		2008	
	Unidades Units	Cuota Share	Unidades Units	Cuota Share	Unidades Units	Cuota Share
MICRO / MINI	89.941	5,5	78.321	4,9	68.554	5,9
PEQUEÑO / LOW	382.778	23,4	371.147	23,0	276.609	23,8
MEDIO-BAJO / LOWER MEDIUM	473.291	29,0	469.401	29,1	363.089	31,3
MEDIO-ALTO/ UPPER MEDIUM	249.377	15,3	224.277	13,9	169.136	14,6
EJECUTIVO/ EXECUTIVE	39.188	2,4	37.528	2,3	22.418	1,9
DEPORTIVO/ SPORT	12.147	0,7	14.322	0,9	9.876	0,9
LUJO/ LUXURY	6.644	0,4	6.014	0,4	2.987	0,3
MONOVOLUMEN PEQUEÑO/ LOWER MPV	207.549	12,7	218.102	13,5	140.046	12,1
MONOVOLUMEN GRANDE/ UPPER MPV	38.130	2,3	40.679	2,5	16.538	1,4
TODO TERRENO PEQUEÑO/ SMALL OFF-ROAD VEHICLE	40.240	2,5	51.224	3,2	31.385	2,7
TODO TERRENO MEDIO/ MEDIUM SIZED OFF-ROAD VEHICLE	50.523	3,1	56.913	3,5	37.103	3,2
TODO TERRENO GRANDE/ LARGE OFF-ROAD VEHICLE	17.207	1,1	16.686	1,0	7.459	0,6
TODO TERRENO LUJO/ LUXURY OFF-ROAD VEHICLE	27.593	1,7	30.221	1,9	15.976	1,4
TOTAL	1.634.608	100,0	1.614.835	100,0	1.161.176	100,0

Tabla 7 Matriculación de turismos por segmentos. Fuente ANFAC

2.1.3 El parque de turismos

El parque de turismos en 2007 mostró un leve aumento en las distintas áreas geográficas (ver en la tabla 8). La UE-15 con gran diferencia sobre el resto de áreas, es la de un mayor volumen con más de 196 millones de turismos en circulación. En cuanto al vehículo industrial, Estados Unidos destaca sobre el resto de países por el gran volumen de unidades que forman su parque circulante, alcanzando los 113 millones, con 376 vehículos industriales por cada 1000 habitantes.

País Country	Turismos Cars			Industriales Industrial vehicles		
	Parque Cars in use	%07/06 % change	Turismos/ 1000 habs. Cars/ 1000 inhab.	Parque Veh. Ind. in use	%07/06 % change	Veh. ind./ 1000 habs. Ind. veh./ 1000 inhab.
UE-15/EU-15	196.304.875	N.D.	499	29.706.131	N.D.	75
USA	137.523.377	0,7	455	113.686.769	3,7	376
JAPÓN/ JAPAN	57.623.753	0,2	452	18.091.068	-1,3	142
COREA/SOUTH KOREA	12.099.793	4,2	249	4.328.452	0,9	89
CANADA	19.198.954	2,5	575	871.843	3,9	26

Tabla 8 Parque y vehículos por cada 1000 habitantes en el año 2007.

Fuente ANFAC

Con el fin de poder conocer la tipología de vehículos del parque móvil mundial, en las figuras 8 y 9 podemos ver las diferencias en la distribución del parque de vehículos en uso durante el 2007 para los principales matriculadores de vehículos. Caber destacar el caso de USA que posee un elevado parque de vehículos industriales casi comparable al de turismos.

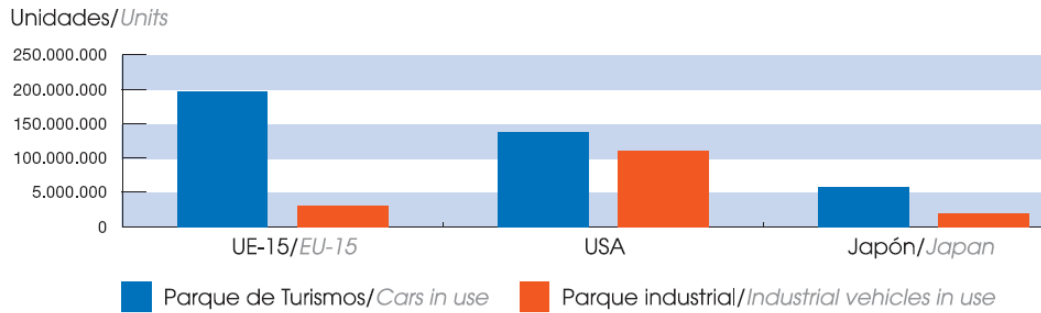


Figura 8. Parque de vehículos 2007. Fuente ANFAC

Las principales diferencias en cuanto a vehículos relacionados con el número de habitantes las encontramos en las cifras de vehículos industriales. Europa es la zona con menor cantidad de vehículos industriales por cada 1000 habitantes no llegando a las 100 unidades contra las casi 400 unidades en USA.

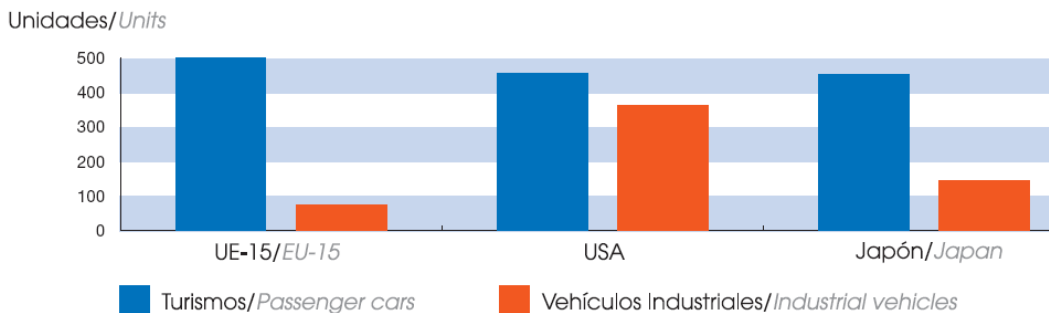


Figura 9. Vehículos por 1000 habitantes 2007. Fuente ANFAC

El parque de vehículos europeo en 2007 alcanzó los 226 millones de unidades, de los cuales, un 87% son automóviles de turismo y el resto vehículos industriales. Los países con mayor motorización siguen siendo Italia, Austria y Alemania. Es relevante el aumento en el volumen de vehículos en circulación de

los países del Este, con un avance del grado de motorización superior al resto de países europeos y en claro proceso de expansión. Ver tabla 9.

País Country	Turismos Cars			Industriales Industrial vehicles		
	Parque Cars in use	%07/06 % change	Ud./Units /1000 habs.	Parque Veh. Ind. in use	%07/06 % change	Ud./Units /1000 habs.
ALEMANIA/ <i>GERMANY</i>	41.183.594	N.D.	501	2.837.021	N.D.	35
AUSTRIA/ <i>AUSTRIA</i>	4.245.583	1,0	510	381.944	2,2	46
BÉLGICA/ <i>BELGIUM</i>	5.006.294	1,6	469	712.271	3,1	67
DINAMARCA/ <i>DENMARK</i>	2.058.873	2,2	376	546.357	5,3	100
ESPAÑA/ <i>SPAIN</i>	21.760.174	3,4	481	5.414.322	4,6	120
FINLANDIA/ <i>FINLAND</i>	2.553.556	2,6	482	402.306	4,9	76
FRANCIA/ <i>FRANCIA</i>	30.700.000	1,0	482	6.333.000	1,1	99
GRECIA/ <i>GREECE</i>	4.821.422	8,4	430	972.331	-3,0	87
IRLANDA/ <i>IRELAND</i>	1.882.901	5,8	428	347.764	8,6	79
ITALIA/ <i>ITALY</i>	35.680.097	1,1	598	4.687.970	2,4	79
PAISES BAJOS/ <i>NETHERLANDS</i>	7.597.000	2,5	463	1.095.000	2,3	67
PORTUGAL/ <i>PORTUGAL</i>	4.379.000	2,1	412	1.348.100	1,0	127
REINO UNIDO/ <i>UNITED KINGDOM</i>	30.177.918	1,0	493	4.110.345	3,1	67
SUECIA/ <i>SWEDEN</i>	4.258.463	1,3	464	517.400	4,9	56
UE-15/<i>EU-15</i>	196.304.875	N.D.	499	29.706.131	N.D.	75
ESLOVAQUIA/ <i>SLOVAK REPUBLIC</i>	1.433.926	7,5	265	252.244	27,3	47
ESLOVENIA/ <i>SLOVENIA</i>	N.D.	-	-	N.D.	-	-
HUNGRÍA/ <i>HUNGARY</i>	N.D.	-	-	N.D.	-	-
POLONIA/ <i>POLAND</i>	14.588.739	9,0	383	2.608.134	5,3	68
REP. CHECA/ <i>CZECH REPUBLIC</i>	4.280.081	4,2	412	651.248	11,8	63
RUMANIA/ <i>ROMANIA</i>	N.D.	-	-	N.D.	-	-

Tabla 9 Parque y vehículos cada 1000 habitantes en el año 2007.

Fuente ANFAC

En 2007 la calidad del parque de turismos ha mejorado ligeramente en algunos países, aunque ésta ha sido en menor medida que en años anteriores, dado el bajo nivel de renovación motivado por la crisis económica. Aun así, los principales países europeos, a excepción de Italia, han favorecido el rejuvenecimiento del parque, disminuyendo la cuota de turismos con más de diez años.

El porcentaje de vehículos industriales de más de diez años en la UE-15 también ha tenido una ligera mejora, destacándose la evolución en Austria, Alemania, España e Italia. Sin embargo, debe ponerse de manifiesto que la tendencia de mejora de los últimos años se ha frenado en Europa, dado el deterioro económico en los sectores industrial y de la construcción. Ver tabla 10.

País Country	Turismos Cars		Industriales Industrial vehicles	
	2007	2006	2007	2006
AUSTRIA	34,9	34,6	25,3	25,6
ALEMANIA/ <i>GERMANY</i>	32,4	33,9	29,5	32,3
BÉLGICA/ <i>BELGIUM</i>	26,7	26,9	27,3	27,4
DINAMARCA/ <i>DENMARK</i>	40,8	39,6	23,8	23,7
ESPAÑA/ <i>SPAIN</i>	31,5	32,1	34,6	35,2
FINLANDIA/ <i>FINLAND</i>	45,2	44,7	47,0	46,0
FRANCIA/ <i>FRANCE</i>	33,3	33,9	N.D.	N.D.
GRECIA/ <i>GREECE</i>	42,0	40,0	64,4	60,7
HOLANDA/ <i>NETHERLANDS</i>	33,4	31,7	24,9	23,6
IRLANDA/ <i>IRELAND</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
ITALIA/ <i>ITALY</i>	34,9	34,1	43,3	43,9
PORTUGAL	38,8	37,4	29,1	28,9
SUECIA/ <i>SWEDEN</i>	37,1	37,3	29,3	28,6
REINO UNIDO/ <i>UNITED KINGDOM</i>	24,4	24,1	23,2	23,3
UE/EU	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

*Tabla 10 Parque de vehículos con más de diez años en UE (%)
Comparativa año 2006-2007. Fuente: ANFAC*

Finlandia, Dinamarca y Grecia son los países con un parque móvil más antiguo y tiene los mayores % en cuanto a vehículos de más de 10 años. En la tabla 8 podemos observar como en España un 31,5 % de los turismos tienen más de 10 años de antigüedad. Reino Unido y Bélgica son los países con el parque móvil más nuevo. En la figura 10 podemos ver los datos de una comparativa entre los años 2006 y 2007 en referencia al parque móvil en uso de vehículos con más de 10 años en cada uno de los países de la UE.

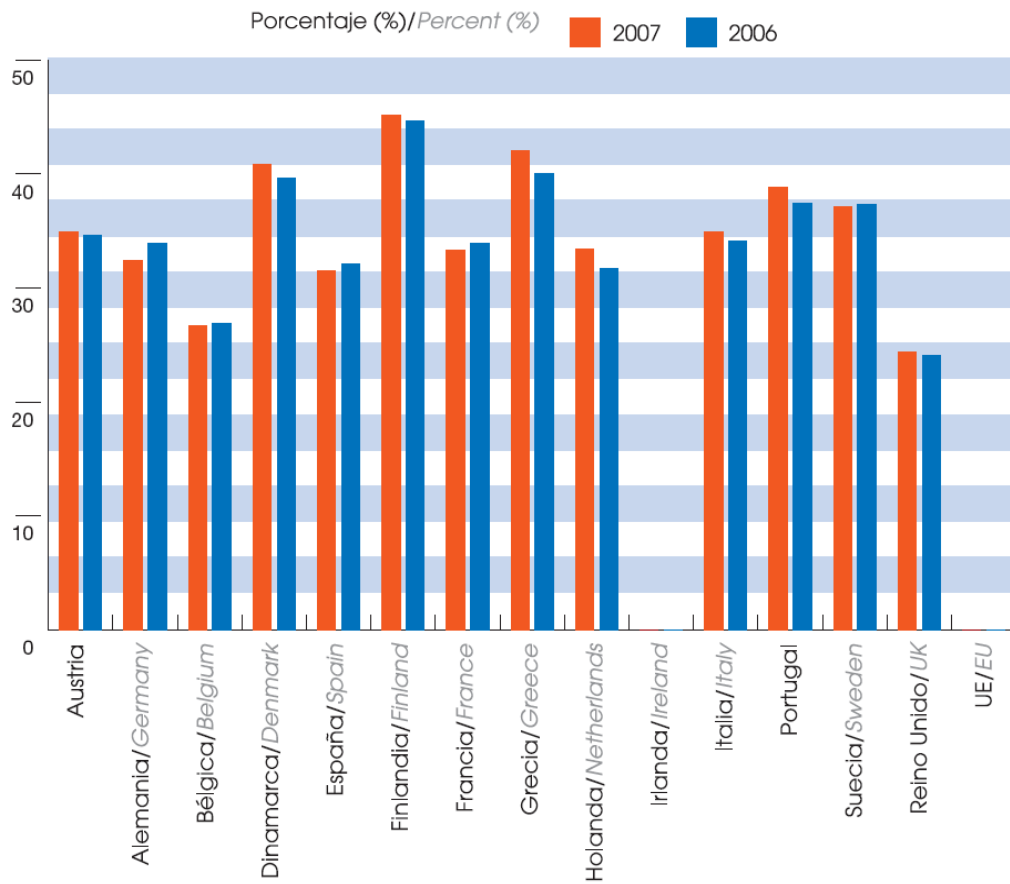


Figura 10 Parque de turismos con más de 10 años. Comparativa año 2006-2007. Fuente ANFAC

El parque de vehículos en España durante el año 2008 se ha incrementado en un 1,6%. La debilitada situación económica ha generado en el año 2008 un recorte en los niveles de mercado reduciendo así el ritmo de crecimiento medio del parque de los últimos años que se mantenía en el 5%. El parque de turismos, ya ha superado los 22 millones de unidades, un 1,8% más que en el año anterior. El número de turismos diesel en circulación ya alcanzan los 10,8 millones, llegando casi al 49% del mercado.

España, con un parque circulante en 2008 de 22 millones de automóviles de turismo, mantiene prácticamente el mismo grado de motorización que el año anterior: 480 turismos por cada 1000 habitantes, todavía muy por debajo de los principales fabricantes europeos. Ver tabla 11.

Año Year	Turismos Passenger cars		Camiones Light & heavy trucks		Autobuses y autocares Buses & coaches		Tractores industriales Truck tractors		TOTAL*	
	Nº de vhs. Units	% s/año ant. % Growth	Nº de vhs. Units	% s/año ant. % Growth	Nº de vhs. Units	% s/año ant. % Growth	Nº de vhs. Units	% s/año ant. % Growth	Nº de vhs. Units	% s/año ant. % Growth
1999	16.847.397	5,0	3.604.972	6,2	53.540	3,3	130.216	12,0	21.007.423	5,3
2000	17.449.235	3,6	3.780.221	4,9	54.732	2,2	142.955	9,8	21.838.571	4,0
2001	18.150.880	4,0	3.949.001	4,5	56.146	2,6	155.957	9,1	22.766.429	4,2
2002	18.732.632	3,2	4.091.875	3,6	56.953	1,4	167.014	7,1	23.548.524	3,4
2003 ^o	18.688.320	N.D.	4.188.910	N.D.	55.993	N.D.	174.507	N.D.	23.107.730	N.D.
2004	19.541.918	4,6	4.418.039	5,5	56.957	1,7	185.379	6,2	24.202.293	4,7
2005	20.250.377	3,6	4.655.413	5,4	58.248	2,3	194.206	4,8	25.851.449	6,8
2006	21.052.559	4,0	4.910.257	5,5	60.385	3,7	204.094	5,1	26.996.039	4,4
2007	21.760.174	3,4	5.140.586	4,7	61.039	1,1	212.697	4,2	28.007.111	3,7
2008	22.145.364	1,8	5.192.219	1,0	62.196	1,9	213.366	0,3	28.468.405	1,6

Tabla 11 Evolución del Parque nacional de vehículos según tipo entre 1999 y 2008. Fuente DGT

En la tabla 12 podemos ver la composición del parque de vehículos en España (incluidas motocicletas y ciclomotores) y podemos comprobar que los turismos representan un 67,19% del total de vehículos autopropulsados que circulan por nuestro país a finales del año 2008.

TIPOS DE VEHÍCULOS	Parque al 31-12-2008	Distribución porcentual
Camiones y furgonetas	5.192.219	15,75
Autobuses	62.196	0,19
Turismos	22.145.364	67,19
Motocicletas	2.500.819	7,59
Ciclomotores	2.410.685	7,31
Tractores Industriales	213.366	0,65
*Otros Vehículos	436.631	1,32
TOTAL	32.961.280	100,00

*En la categoría otros vehículos están **excluidos** los remolques, semirremolques, maquinaria agrícola automotriz y la maquinaria agrícola arrastrada de 2 ejes y 1 eje.

Tabla 12 Composición en % del parque vehículos en España con fecha 31/12/2008. Fuente DGT.

En 2008 se ha producido un envejecimiento del parque, tanto de turismos como de industriales. Tras cuatro años de reducciones sucesivas en la cuota de turismos de más de 10 años, este año se ha elevado de nuevo hasta el 32,6%. La eliminación en 2008 de los planes de renovación del parque que han

permitido la eliminación de más de 3,3 millones de vehículos en sus 10 años de vigencia, son la causa fundamental de este empeoramiento. Ver tabla 13.

	2005	2006	2007	2008
TURISMOS/PASSENGER CARS	33,4	31,9	31,5	32,6
CAMIONES/TRUCKS*	37,0	35,8	35,3	36,6
AUTOBUSES Y AUTOCARES/ BUSES & COACHES	38,6	37,4	37,2	37,3
TRACTORES INDUSTRIALES/ TRUCK TRACTORS	17,5	17,4	17,2	18,3

Tabla 13 Porcentaje de vehículos con más de 10 años. Comparativa desde 2005 hasta 2008. Fuente: DGT

Con el fin de ver qué tipo de vehículos son entregados en los VFU's, podemos decir que en 2008 se registraron 918.406 bajas de vehículos, el 80% de los vehículos dados de baja son turismos y el 15% camiones o furgonetas. Relacionando las matriculaciones con las bajas se observa que en 2008, para el total de vehículos, por cada 100 vehículos matriculados 55 son dados de baja. Ver tabla 14.

TIPO DE VEHICULO	2007	2008	Variación Porcentual
Camiones y furgonetas	151.501	140.245	-7,43
Autobuses	3.408	2.528	-25,82
Turismos	887.395	734.638	-17,21
Motocicletas	26.881	27.075	0,72
Tractores Industriales	14.357	13.920	-3,04
TOTAL	1.083.542	918.406	-15,24

Tabla 14 Relación de vehículos dados de baja en los años 2007 y 2008. Fuente DGT.

En los últimos 10 años el número de bajas se ha incrementado un 11,61% y ronda casi el millón de unidades por año. Ver tabla 15.

Años	Camiones y furgonetas	Autobuses	Turismos	Motocicletas	Tractores Industriales	TOTAL
1999	103.629	2.141	686.782	26.114	4.195	822.861
2000	120.937	2.012	785.385	28.953	5.985	943.272
2001	133.045	2.249	882.985	29.224	6.678	1.054.181
2002	131.799	2.274	824.040	30.726	7.385	996.224
2003	141.075	2.583	871.595	31.142	8.744	1.055.139
2004	111.829	2.698	830.959	23.919	10.249	979.654
2005	130.629	2.626	886.335	22.604	11.263	1.053.457
2006	142.777	2.582	910.727	24.648	12.504	1.093.238
2007	151.501	3.408	887.395	26.881	14.357	1.083.542
2008	140.245	2.528	734.638	27.075	13.920	918.406

Tabla 15 Tipología de los vehículos dados de baja entre los años 1999 y 2008. Fuente DGT.

Durante el año 2008 se dieron de baja en España un total de 1.026.656 vehículos, un 37% de estos tenían una antigüedad inferior a 10 años y un 15% superaban incluso los 20 años de antigüedad. Ver figura 11.

% VEHÍCULOS DADOS DE BAJA EN 2008 SEGÚN SU ANTIGÜEDAD

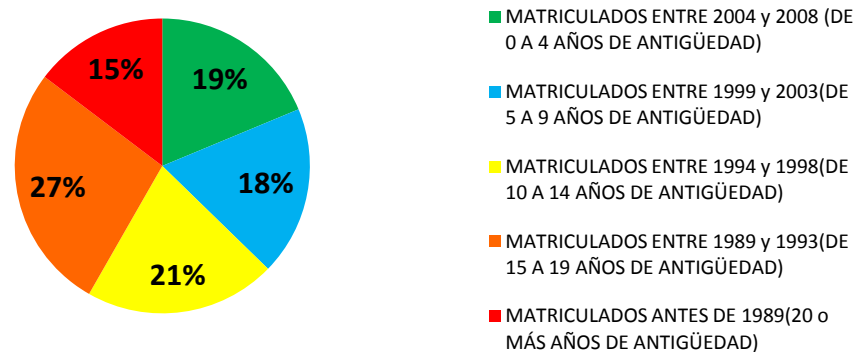


Figura 11 Vehículos dados de baja en 2008 según su año de matriculación (Antigüedad). Fuente DGT.

2.1.4 Resumen del sector en España

España es el tercer productor europeo de turismos y el primer productor de vehículos industriales en Europa. Dispone de un total de 11 marcas de fabricantes que han instalado 18 fabricas para producir sus automóviles. Producen más de 2,5 millones de unidades al año de las cuales casi 2 millones

son turismos. Por otro lado en España se matriculan alrededor de 1,1 millones de turismos (de los cuales un 6,4% son importados) y se exportan 1,6 millones.

En la actualidad España dispone de un parque de vehículos en uso de más de 27 millones de unidades de los cuales 22 millones son del tipo turismo que es el más abundante. Alrededor de 1 millón de vehículos se dan de baja cada año y cada 100 vehículos matriculados, se dan de baja unas 55 unidades.

En la tabla 16 podemos ver a modo de resumen todos los datos presentados del sector del automóvil en España durante los años 2006, 2007 y 2008.

Industria fabricante de vehículos I Motor vehicles manufacturing industry	2006	2007	2008
Nº de empresas instaladas en España / Number of vehicle manufactures in Spain	11	11	11
Nº de fábricas en España / Number of factories in Spain	18	18	18
Producción de vehículos / Motor vehicle production	2.777.435	2.889.703	2.541.644
Producción de turismos / Passenger car production	2.078.639	2.195.780	1.943.049
Producción de vehículos industriales / Industrial vehicle production	698.796	693.923	598.595
Matriculación de vehículos / New vehicle registrations	1.953.134	1.939.296	1.362.543
Matriculación de turismos / New passenger car registrations	1.634.608	1.614.835	1.161.176
Matriculación de vehículos industriales / New industrial vehicle registrations	318.526	324.461	201.367
Exportación de vehículos / Motor vehicle exports	2.272.872	2.389.224	2.180.852
Exportación de turismos / Passenger cars exports	1.689.092	1.803.955	1.655.154
Exportación de vehículos industriales / Industrial vehicle exports	583.780	585.269	525.698
Parque de vehículos ⁽²⁾⁽³⁾ / Vehicle in use ⁽²⁾⁽³⁾	26.227.295	27.174.496	27.613.145
Parque de turismos / Passenger cars in use	21.052.559	21.760.174	22.145.364
Parque de vehículos industriales / Industrial vehicles in use	5.174.736	5.414.322	5.467.781
% exportación total sobre producción total / % total exports over total production	81,8	82,7	85,8
% exportación vehículos sobre la exportación española (valor) / % motor vehicle exports over Spanish exports (value)	14,3	13,7	13,1
% importación de vehículos sobre la importación española (valor) / % motor vehicle imports over Spanish imports (value)	8,9	8,9	6,4
Sector de automoción I Automotive sector *			
% exportación del sector sobre la exportación española (valor) / % automotive sector exports over Spanish exports (value)	21,8	20,9	19,6
% importación del sector sobre la importación española (valor) / % automotive sector imports over Spanish imports (value)	15,8	15,6	12,3
Participación del sector en el PIB / Sector share of GDP ⁽¹⁾	4,9	4,9	3,5
% Empleo total (directo+indirecto) sobre población activa % Direct & indirect jobs over total labour force	9,3	9,0	8,7

Tabla 16 Datos básicos del sector. Fuente ANFAC



3 INTRODUCCIÓN AL AUTOMÓVIL

Como hemos podido ver en el apartado anterior, el automóvil más fabricado, matriculado y retirado de uso es del tipo turismo. Es por esto que nos centraremos en esta tipología de vehículo para definir su composición principal.

Un automóvil está formado por una serie de componentes y cada uno de ellos a su vez está formado por una o varias combinaciones de materiales. Para poder establecer unos buenos criterios de recuperación y reciclaje es necesario conocer la composición aproximada de un vehículo. Como consecuencia del uso, aparecen residuos que deberán ser tratados también de forma particular.



Figura 12 Despiece de un automóvil. Fuente BMW-MINI

En este estudio, se ha recogido información sobre los distintos componentes y residuos que están presentes o aparecen durante la fabricación, la vida útil (paso por talleres) y en el fin de uso de los automóviles. Estos residuos son en gran parte los señalados en el Anexo I de la Directiva de Vehículos Fuera de Uso como residuos a retirar y almacenar en el proceso de descontaminación de los vehículos, así como en las operaciones encaminadas a fomentar el reciclado de materiales procedentes de los mismos. Es importante tener en cuenta, que en los talleres de reparación, además de la parte de residuos que coincide con los que nos encontramos en el final de la vida útil del vehículo, se generan otros residuos procedentes directamente de los procesos de reparación de los vehículos.

3.1 Composición, residuos y componentes de un automóvil

En los puntos siguientes, detallaremos cuál es la composición de un vehículo en cantidades, desde el punto de vista de la tipología de sus materiales y que

residuos se generan, o aparecen derivados del uso o reparación de los vehículos.

3.1.1 Composición

Para valorar las cantidades de cada uno de los componentes de un vehículo, utilizaremos % en peso como unidad de medida. Así pues el componente mayoritario de un automóvil es la chapa (39%), seguido del acero y la fundición (13% cada uno de ellos). Otros componentes que se encuentran presentes son, los plásticos en sus diferentes composiciones y combinaciones, que a veces dificultan e impiden su reciclado como veremos más adelante. Los coches están equipados con aparatos eléctricos y electrónicos, junto con el cableado necesario para su funcionamiento. El vidrio también es un componente presente y muy visible en los automóviles al igual que una serie de fluidos que permiten que el automóvil, o alguno de sus componentes funcionen adecuadamente (aceites lubricantes, líquidos refrigerantes, limpia cristales, etc.)

En la figura 13 podemos ver un desglose en % en peso de los principales componentes de un automóvil del tipo turismo.

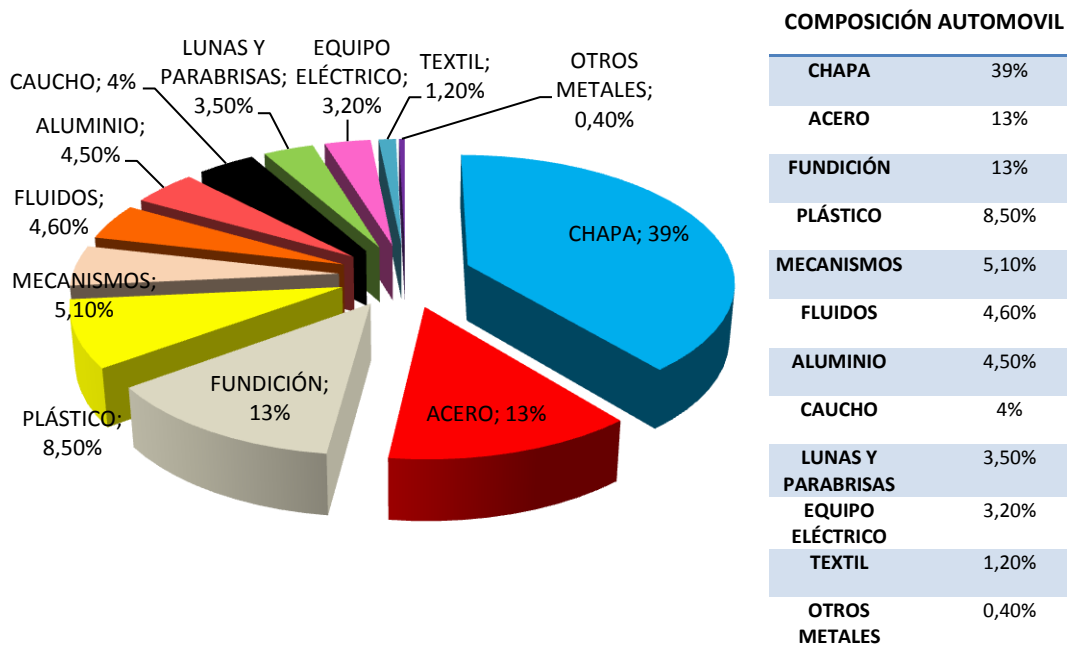


Figura 13 Composición de un vehículo en % en peso. Fuente SIGRAUTO

Como es lógico, los fabricantes utilizan una cantidad muy variada de materiales y con el paso de los años, aparecen nuevos materiales, nuevas combinaciones o

nuevas aplicaciones para algunos de ellos. Así pues un vehículo fabricado en la actualidad difiere en algunas cantidades de materiales empleadas con vehículos de hace 10 años.

La diferencia más evidente e importante en peso, es la sustitución de partes fabricadas anteriormente en acero o chapa, por componentes realizados con plásticos de todo tipo, que ofrecen las prestaciones buscadas, reducen el peso del vehículo y cumplen con las restricciones de seguridad marcadas en función de la pieza. En la tabla 17 podemos observar estos cambios en el uso de materiales.

MATERIALES	1976-1980	1986-1990	2001-2006
ACERO+CHAPA+FUNDICIÓN+MECANISMOS	79%	72,40%	70,10%
MET. NO FERRICOS (ALUMINIO+OTROS)	2%	5%	4,90%
PLÁSTICOS	5%	8%	8,50%
GOMAS	4%	5%	4%
VIDRIO	2%	3,10%	3,50%
LÍQUIDOS	2%	2,60%	1,30%
OTROS	6%	3,90%	7,70%

Tabla 17 Variación de la media de composición de los vehículos.

Fuente Recycling international. Plan nacional VFU

3.1.2 Residuos y componentes caracterizados

Detallaremos a continuación los principales residuos que se obtienen de un automóvil, tanto durante su proceso de producción, derivados de su mantenimiento en talleres durante su vida útil y durante su reciclaje en los VFU's al final de su uso. Muchos de estos residuos, sobre todo los resultantes de operaciones de mantenimiento en talleres, son fluidos o piezas de componentes que deben sustituirse cada cierto tiempo y deberán ser tratados de forma adecuada. A continuación describiremos los residuos fluidos y componentes más importantes.

3.1.2.1 Aceite motor

El aceite motor es el encargado de lubricar todos los elementos móviles (cigüeñal, pistones, árbol de levas, etc.) de un motor evitando el contacto metal-metal que puede llevar al gripado del mismo. El aceite motor sirve también como fluido de motor.

La composición de los aceites es muy variada ya que dependen del tipo de servicio para el que vayan a ser destinados, el clima de la zona de utilización y

otros muchos parámetros. Existen algunos parámetros importantes a tener en cuenta como son la viscosidad, la acidez o basicidad y otros pero generalmente no existe una composición específica. Los aceites denominados básicos se obtienen del petróleo. Estos aceites básicos son combinados entre sí y posteriormente se emplean aditivos para conseguir que tengan las propiedades necesarias para el tipo de servicio al que serán destinados.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 3,2 kg. Mediano: 4,1 kg. Grande: 5 kg.

3.1.2.2 Aceite caja cambios

Se trata del aceite que lubrica todos los elementos móviles (engranajes, ejes, etc.) de la caja de cambios de los vehículos.

En lo referente a su composición, debe decirse que se trata de un aceite lubricante y por lo tanto puede decirse de nuevo lo expuesto anteriormente.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 1,5 kg .Mediano: 2 kg. Grande: 3,3 kg.

3.1.2.3 Aceite transmisión

El aceite de la transmisión es el aceite que se emplea para los sistemas de dirección asistida.

En lo referente a su composición, debe decirse que se trata de un aceite lubricante y por lo tanto puede decirse de nuevo lo expuesto anteriormente.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 1 kg. Mediano: 1 kg. Grande: 1 kg.

3.1.2.4 Líquido de frenos

El líquido de frenos se emplea para transmitir la presión por el circuito de frenos. Es lógico que este aceite no tenga las mismas propiedades que los aceites lubricantes como podían ser el aceite motor o el aceite de transmisión.

En lo referente a su composición, debe decirse que se trata de un aceite lubricante y por lo tanto puede decirse de nuevo lo expuesto anteriormente.

Cantidad media por vehículo Pequeño: 0,5 kg Mediano: 0,5 kg. Grande: 0,5 kg.

3.1.2.5 Líquido refrigerante/anticongelante

Es el líquido que se emplea en el circuito de refrigeración de los vehículos. Dado que debe evitarse que este fluido se congele dentro del circuito de refrigeración ya que esto llevaría a la rotura del circuito y al gripado del motor, este fluido se

denomina también líquido anticongelante. Entre las propiedades de estos líquidos, se encuentra también la de proteger al circuito de refrigeración de la corrosión.

Su composición es una solución acuosa de polietilenglicol con aditivos anticorrosivos

Cantidad media por vehículo Pequeño: 5 kg. Medio: 5,5 kg. Grande: 6 kg.

3.1.2.6 Combustible

El combustible podría ser considerado en un sentido muy amplio, pero para el caso de los turismos van a considerarse únicamente las gasolinas y gasóleos que son los residuos que realmente se generan en grandes cantidades y para los que deben buscarse soluciones. Los combustibles provienen de la destilación del petróleo y consisten en una mezcla de hidrocarburos.

Como ya se ha mencionado, los combustibles son una mezcla de hidrocarburos procedentes de la destilación del petróleo. Debido a las diferencias en el proceso de combustión de los motores de encendido por chispa (que utilizan gasolinas) y los de encendido por compresión (que utilizan gasóleos), las mezclas de hidrocarburos tienen unas propiedades muy distintas. Las gasolinas son mucho más volátiles y se componen de cadenas de hidrocarburos con un número de carbonos relativamente bajo, mientras que los gasóleos son mucho menos volátiles y se componen de cadenas más largas. Ver tabla 18.

Producto	Composición aproximada (número de carbonos)	Intervalo de destilación
Gasolina	C ₄ a C ₁₂	20 a 200°C
Gasóleo	C ₁₆ a C ₃₄	220 a 350°C

Tabla 18 Numero de carbonos e intervalo de destilación de las gasolinas y gasóleo.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 3 kg. Mediano: 3 kg. Grande: 3 kg.

3.1.2.7 Fluidos de aire acondicionado

Los fluidos de aire acondicionado, han variado mucho desde que comenzó su aplicación en los vehículos. En un primer momento se trataba de compuestos fluorocarbonados (CFCs), pero desde hace varios años, se utilizan otros fluidos que no afectan a la capa de ozono.

3.1.2.8 Baterías

Las baterías, son los elementos encargados de suministrar la energía eléctrica necesaria en un vehículo.

Sus elementos constitutivos son células individuales formadas por un ánodo de plomo, un cátodo de óxido de plomo y ácido sulfúrico como medio electrolítico.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 12 kg. Mediano: 12 kg Grande: 12 kg.

3.1.2.9 Airbag

El airbag, es uno de los elementos principales de los sistemas de seguridad pasiva de los vehículos.

Una unidad de airbag consta básicamente de un generador de gas, una bolsa y una tapa o cubierta.

El generador de gas puede utilizar diversas tecnologías entre las que cabe destacar la de un dispositivo pirotécnico con un combustible en forma de pastillas de nitruro sódico (Na_3N) y de una pequeña carga explosiva y la de generadores de gas precomprimido. Es normal encontrar sistemas donde parte del gas se genera mediante la combustión y el resto mediante la liberación de gas comprimido.

El material principal en un airbag es el tejido de la bolsa que suele ser de nylon 66. Otro elemento que puede aparecer es el talco, ya que éste elemento suele utilizarse para llevar a cabo un correcto plegado de la bolsa.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 3,8 kg. Mediano: 5 kg. Grande: 6,6 kg.

3.1.2.10 Pretensores pirotécnicos

Los pretensores pirotécnicos son unos pequeños dispositivos situados en la base del cinturón que actúan sobre la cinta del cinturón retrayéndola y asegurando una mayor retención del ocupante del vehículo desde el inicio de una colisión.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 0,2 kg. Mediano: 0,2 kg. Grande: 0,2 kg.

3.1.2.11 Catalizadores

Los catalizadores se emplean en los vehículos para conseguir reducir algunas de las emisiones contaminantes que producen como el monóxido de carbono (CO) los óxidos de nitrógeno (NO_n) y los hidrocarburos sin quemar (HC). Los

catalizadores comenzaron a incorporarse en los vehículos alrededor del año 90 debido a la reducción de los límites de emisión permitidos para dichos contaminantes.

Los catalizadores una vez extraídos del vehículo tienen dos partes bien diferenciadas: la carcasa y la cerámica interior. La carcasa está fabricada generalmente de un acero aleado con cromo, o cromo y níquel. En su interior, se encuentra la cerámica o monolito en forma de panal que suele estar compuesto por óxido de aluminio, silicatos y óxidos de magnesio con características similares a la roca. La cerámica contiene ciertas cantidades de platino, rodio y paladio que son los verdaderos “catalizadores” de la reacción.

Las cantidades medias de rodio y platino son, respectivamente: 297 mg y 1530mg. El paladio lo encontramos en pequeñas cantidades.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 7 kg. Mediano: 8 kg. Grande: 10 kg.

3.1.2.12 Neumáticos

Los neumáticos son los elementos que ponen en contacto al vehículo con la calzada. Por esta razón, se trata de elementos prácticamente indestructibles por el paso del tiempo, pues están fabricados precisamente para resistir duras condiciones de rodadura, tanto mecánicas como meteorológicas.

Los neumáticos de automóvil están formados por un complejo entramado de materiales diversos como son el acero, las fibras textiles y los elastómeros. En la tabla 19 se muestra la composición media de un neumático tanto de turismo como de vehículo pesado.

Materiales	Turismos	Vehículos pesados
Caucho natural y sintético	48%	43%
Negro de carbono	22%	21%
Hilos de acero	15%	27%
Cableado textil	5%	0%
Oxido de Zinc	1%	2%
Azufre	1%	1%
Aditivos	8%	6%

Tabla 19 Composición Neumático S.A.

Como puede observarse, cerca de la mitad de la masa de un neumático es caucho y junto con el negro de carbono llegan a suponer más de las dos terceras partes en peso de un neumático.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 35 kg. Mediano: 40 kg. Grande: 50 kg.

3.1.2.13 Paragolpes

Los paragolpes son los elementos encargados de absorber la energía involucrada en un impacto a baja velocidad, aunque también absorban algo en impactos a alta velocidad, de forma que se evite la transmisión de daños al resto de la carrocería.

La composición de los paragolpes, ha ido variando a lo largo de los años. Los primeros paragolpes eran normalmente metálicos (hasta mediados de los 70), luego empezaron a aparecer los paragolpes de fibra de vidrio (mayoritarios a comienzos de los 80) y posteriormente empezaron a aparecer los de plástico (a mediados de los 80).

La mayor parte de los paragolpes actuales, están realizados en polipropileno e incorporan absorbedores realizados en polietileno.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 4,4 kg Mediano: 4,4 kg Grande: 4,4 kg

3.1.2.14 Otros plásticos y gomas

La utilización del plástico en el automóvil, está aumentando significativamente desde hace varias décadas. Los plásticos se emplean en un gran número de elementos y aplicaciones dentro del automóvil y en la actualidad suponen aproximadamente el 8,5% en peso de un vehículo. Algunos de los elementos o aplicaciones (además del paragolpes que ya ha sido comentado) donde más extendido está el uso del plástico son: los asientos, los salpicaderos, los depósitos de combustible, los paneles de carrocería, los interiores, el cableado y otros.

En cuanto a las gomas (exceptuando los neumáticos que serán tratados aparte), hay que mencionar que en los talleres de reparación se generan una considerable cantidad de manguitos de goma y de otros elementos plásticos que por haber estado en contacto con aceites u otros líquidos o fluidos peligrosos, deben ser tratados como tales y por lo tanto merecen una especial atención.

Los plásticos más utilizados en el automóvil en función de la aplicación en la que se empleen pueden verse en la tabla 20.

Elemento	Plásticos empleados
Asientos	PUR, PP, PVC, ABS, PA
Salpicaderos	PP, ABS, PA, PC, PE
Depósitos de combustible	PE, POM, PA, PP
Paneles de carrocería	PP, PPE, UP
Interiores	PP, ABS, PET, POM, PVC

Tabla 20 Plásticos en el automóvil. Fuente: APME

Los plásticos más utilizados son los siguientes:

- PP: Polipropileno
- PUR: Poliuretano
- PE: Polietileno
- PA: Poliamida
- PC: Policarbonato
- PVC: Policloruro de vinilo
- ABS: Acrilonitrilo / Butadieno / Estireno

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 3,5 kg. Mediano: 4 kg. Grande: 5,8 kg.

3.1.2.15 Vidrios

Los turismos suelen utilizar el vidrio en las zonas empleadas por los conductores para ver su entorno. Aunque las lunas de los vehículos están formadas principalmente por vidrio, existen pequeñas diferencias entre unas y otras. Las lunas delanteras por ejemplo, llevan intercalada una lámina adhesiva de plástico entre dos capas de vidrio para impedir que la luna se rompa desprendiendo fragmentos de cristal que podrían ser peligrosos para los ocupantes. Las lunas traseras llevan unos hilos conductores que sirven para evitar la condensación, y que se denomina luneta térmica. Las únicas que están compuestas únicamente de vidrio templado son las lunas laterales.

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 20,55 kg. Mediano: 20,55 kg. Grande: 20,55 kg.

3.1.2.16 Textiles y espumas

Los textiles y las espumas se utilizan en el automóvil principalmente en los asientos y en los recubrimientos de puertas, suelos y techos.

Algodón, lana, poliéster, tejidos acrílicos y poliuretano

Cantidad media por vehículo: Pequeño: 5 kg. Mediano: 6 kg. Grande: 7 kg.

3.1.2.17 Filtros de aceite y de combustible

Los filtros de aceite y combustible se utilizan en los vehículos con el objeto de eliminar impurezas de dichos fluidos. En el caso del aceite, las impurezas provienen principalmente del proceso de la combustión. Los filtros de aceite están compuestos generalmente por una carcasa metálica y un filtro de papel. Cuando se retira este elemento, tanto el filtro como las paredes de la carcasa metálica están impregnadas de aceite y de impurezas y por ello se trata de un residuo peligroso.

Las siguientes cantidades corresponden únicamente a los filtros de aceite: Pequeño: 0,3 kg. Mediano: 0,5 kg. Grande: 1 kg.

3.1.2.18 Residuo ligero de fragmentación

Del proceso de fragmentación de vehículos al llegar al final de su vida útil se obtienen principalmente dos residuos y un producto. Los dos residuos se denominan generalmente ligero y pesado mientras que el producto es la chatarra metálica que se emplea como materia prima de la siderurgia. El residuo ligero se obtiene por medio de sistemas de aspiración colocados sobre el producto triturado y por los que se separan las fracciones más ligeras del mismo.

Este residuo está constituido por un conjunto heterogéneo de cauchos, goma, polietilenos, plásticos acrílicos, etc. La composición es variable y diversa: 40% plásticos y textiles, 30% caucho, 13% vidrio, 15% tierras y 2% metales no férricos. Asimismo contiene pequeñas cantidades de metales,

Fe, Cr, Cu, Mn, Zn y Ni, están presentes en concentraciones de partes por millón.

Entre los plásticos se encuentra :

- Polietileno de los limpiacristales, perfiles y cintas.
- Polipropileno de parachoques, recubrimiento del habitáculo y maletero, consola, asideros, y volante.
- Policloruro de vinilo de los laminados vinílicos, molduras, cables, tubos de drenaje y perfiles de ventanas.
- ABS de la rejilla del radiador, guantera, recubrimiento de la columna de dirección y piezas del tablero.

- Poliuretano de los rellenos de asientos y juntas.
- Cauchos de conductos de aire, manguitos, cubiertas de cable, fuelles de protección, topes de amortiguación, defensas laterales y delanteras y juntas.
- Poliésteres de elementos de carrocerías y tapicerías
- Resinas fenólicas de insonorizantes, ceniceros y pastillas de frenos.
- Resinas epoxídicas de tapas de distribución y aplicaciones eléctricas
- Nailon de engranajes de cuentaquilómetros.

También se encuentran pequeñas cantidades de metales férricos y cobre procedente de los cables.

3.1.2.19 Residuo pesado

El residuo pesado de fragmentación, es el residuo que queda después de separar del producto triturado por la fragmentadora, la parte metálica del mismo mediante imanes y procesos electromagnéticos y el residuo ligero de fragmentación mediante la aspiración antes mencionada.

Está constituido por metales, entre los que se encuentran los metales féreos de carrocería y motor, aluminio de partes del motor y otros metales principalmente cobre.

3.1.2.20 Chatarra

Generalmente, suele denominarse chatarra a la parte metálica de los vehículos que se separa en el proceso de fragmentación de los vehículos así como a cualquier elemento metálico que se separe de un vehículo en su reparación.

La chatarra está compuesta básicamente de aceros aleados y metales férricos en general.

3.2 Alternativas actuales de tratamiento de los residuos

En cuanto a las alternativas de tratamiento de estos residuos se debe tener en cuenta que la actual Ley de residuos establece un orden jerárquico en la gestión de residuos: reducir, reutilizar, reciclar, valorar y finalmente eliminar.

Reducir la generación de residuos, no siempre es sencillo, dado que implicaría alargar la vida del vehículo, lo que lleva implícito mayor contaminación y menor seguridad vial.

La reutilización, es toda operación por la que los componentes de los VFU se utilizan para el mismo fin para el que fue diseñado originalmente. La reutilización

de piezas es uno de los puntos principales de la directiva, que realmente estimula esta actividad, siempre y cuando se garantice que estas piezas no afecten a la seguridad vial ni al medio ambiente como se ha señalado en el punto anterior.

El Real Decreto de Talleres prescribe que las piezas usadas deben pasar unos controles de calidad, de tal forma que se garantice su correcto uso en el mercado.

El reciclado, es la transformación de los residuos dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines a excepción de la incineración con recuperación de energía. Los fabricantes harán un esfuerzo marcando todas las piezas reciclables y facilitando un manual de instrucciones técnicas para facilitar su extracción. Las industrias de desguace, recuperación, fragmentado y reciclado se verán obligadas por su parte a adaptar sus instalaciones para mejorar el proceso de reciclado de los VFU.

La valorización, es todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos. La Ley de residuos trata de fomentar la valorización, y la define como el conjunto de acciones, operaciones, y procesos que se aplicarán a los residuos, considerándolos como un recurso valioso (materia prima secundaria, combustible, etc).

Para los residuos considerados en este estudio, se señalan las principales tendencias actuales de tratamiento y valorización. En el momento de analizarlas, se han tenido en cuenta los factores medioambientales, económicos y científicos de las diferentes opciones posibles, de modo que exista un equilibrio entre estos y no se vean perjudicados los principios de prevención y reutilización.

Aceite motor	<p>Alternativas de tratamiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reciclado de algunos de sus componentes. - Valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras o quemado como combustible para motores diesel de gran potencia para generación eléctrica directa. En este caso se requiere un tratamiento previo para ajustar su índice de cetano y eliminar impurezas. El residuo de este tratamiento se dirige a valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras.
Aceite caja de cambios	<p>Alternativas de tratamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reciclado de algunos de sus componentes. - Valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras o quemado como combustible para motores diesel de gran potencia para generación eléctrica directa. En este caso se requiere un tratamiento previo para ajustar su índice de cetano y eliminar impurezas. El residuo de este tratamiento se dirige a valorización energética por combustión en incineradoras o

		cementeras.
Aceite de transmisión		Alternativas de tratamiento Reutilización tras un proceso de regeneración, reciclado de alguno de sus componentes o valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras, mezclado con otros aceites.
Líquido de frenos		Alternativas de tratamiento Reutilización tras un proceso de regeneración, reciclado de alguno de sus componentes o valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras, mezclado con los aceites.
Líquido refrigerante / anticongelante		Alternativas de tratamiento Reciclado de sus componentes por destilación.

Combustible		Alternativas de tratamiento Reutilización, bien como combustible si es posible o mezclado con otros para limpieza de motores y piezas
Fluidos de aire acondicionado		Alternativas de tratamiento Reutilización previo filtrado.
Baterías		Alternativas de tratamiento El tratamiento y gestión de este tipo de residuo se debe de centrar como viene siendo desde antiguo en la recuperación y reciclado del plomo, ya que dada la vida útil de la batería y la cantidad de plomo consumido por esta industria, es hoy por hoy la principal fuente de plomo secundario y lo será cada vez más puesto que es la batería desechada la principal abastecedora de plomo para la metalurgia secundaria.
Airbag		Alternativas de tratamiento No se dispone de datos
Pretensores pirotécnicos		Alternativas de tratamiento No se dispone de datos

Catalizadores		Alternativas de tratamiento Recuperación en cada país para evitar su transporte, de los metales nobles contenidos en este tipo de residuo por separación química y fundición.
Neumáticos		Alternativas de tratamiento <ul style="list-style-type: none"> - Reutilización con o sin recauchutado. - Reutilización para otros usos (barreras en rompeolas, de seguridad, formación de arrecifes artificiales, etc.) - Reciclado, previa trituración, como caucho de calidad inferior a la del neumático o como aditivo. - Reciclado de sus componentes (negro de humo, metales,

	componentes orgánicos). - Valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras o pirolisis.
Paragolpes	Alternativas de tratamiento - Reutilización si procede. - Reciclaje del polímero por fundición si son de polipropileno. - Valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras o pirolisis.
Otros plásticos y gomas	Alternativas de tratamiento La mejor alternativa para las mezclas heterogéneas de plásticos, si además existe la sospecha de que estén contaminadas, es la valorización energética por combustión en incineradoras, cementeras o pirolisis. Si existe en la mezcla PVC deberá realizarse una combustión controlada para evitar emisión de organoclorados.
Vidrios	Alternativas de tratamiento Reciclaje

Textiles y espumas	Alternativas de tratamiento Valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras.
Filtros de aceite y de combustible	Alternativas de tratamiento Valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras. Habrá que considerar el control de emisiones contaminantes. Producirá unas cenizas que hay que gestionar como residuo peligroso o reciclar como chatarra
Residuo ligero de fragmentación	Alternativas de tratamiento Valorización energética por combustión en incineradoras o cementeras. Si existe en la mezcla PVC deberá realizarse una combustión controlada para evitar emisión de organoclorados. Producirá unas cenizas que hay que gestionar como residuo peligroso o reciclar como chatarra.
Residuo pesado	Alternativas de tratamiento Recuperación de los metales contenidos en los residuos y el rechazo se puede valorar como el residuo ligero de fragmentación.
Chatarra	Alternativas de tratamiento Recuperación de toda la chatarra de los VFU y destinarla a la siderurgia.

Actualmente los porcentajes de reciclado de un vehículo están en torno al 85% y se espera que lleguen hasta el 95% para el año 2012 (será obligatorio en 2015). Para conseguir ésta cota será necesario mejorar el reciclaje de los componentes y los procesos utilizados actualmente para ello.

En la figura 14 podemos ver los % de materiales reciclados en la actualidad según su composición y lo que es más importante el % de componentes que

todavía no se recicla y que antes del 2015 deberá encontrarse el modo de aprovecharlos.

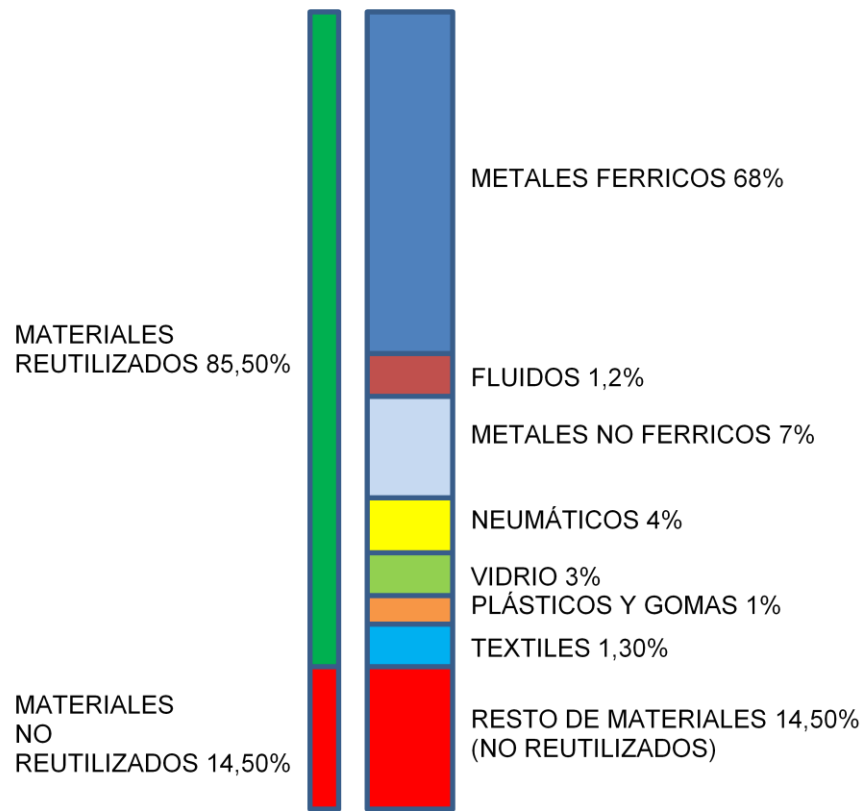


Figura 14 Porcentajes de materiales reciclados según su composición. Fuente: SIGRAUTO



4 PROCESO DE FABRICACIÓN DE AUTOMOVILES

Las posibilidades de reciclar están en cada una de las etapas de la vida del vehículo, los fabricantes de vehículos en la fase de desarrollo y diseño ya intentan desarrollar materiales fáciles de reciclar y diseños que permitan un desguace o desmontaje fácil. Además, se buscan diseños que respeten el impacto medioambiental. Posteriormente en la fase de Producción o proceso de fabricación se aplican diferentes y nuevas tecnologías del reciclaje que mejoren la eficiencia de éstos.

En los siguientes puntos, veremos qué acciones realizan los fabricantes para facilitar el reciclaje y se propondrán mejoras en el caso de ser necesario.

4.1 Reciclaje en la fase de diseño

Es importante realizar un diseño para el reciclaje. El reciclaje debe ser un parámetro fundamental en el diseño del producto. En la fase de desarrollo, se han de desarrollar materiales de fácil reciclaje y eliminación. Y este proceso debe nutrirse de la información obtenida a lo largo de la cadena de reciclaje.

Toyota por ejemplo, ha formulado líneas directrices entorno al diseño para el reciclaje de los vehículos que se fundamentan en el reciclaje de las piezas de plástico y en los resultados de la valoración e investigación sobre el desguace de vehículos. Dichas líneas directrices, se utilizan para la evaluación de la recuperación durante la fase de desarrollo de cada familia de vehículos. Describen los principios de diseño, de forma detallada, en relación con la selección y la eliminación de cientos de partes de plástico, así como de las sustancias que afectan al medioambiente. Se trata de garantizar que el diseño de los vehículos, contemple el factor recuperación, para ello, se debe mejorar permanentemente estas líneas directrices y fomentar mejoras en el sistema de evaluación previa.

Para obtener diseños que contemplan el reciclaje son necesarias diversas innovaciones:

1) Innovaciones en el campo de los materiales:

Los materiales de resina destinados al uso en automòviles, deben poseer una alta rigidez y una alta resistencia a los impactos a la vez que poseen una excelente capacidad de reciclaje; esto significa que su calidad no debe degenerar en el proceso del reciclaje.

Toyota desarrolló y comercializó, gracias a una tecnología de diseño molecular basada en una nueva teoría de cristalización, la Toyota Super Olefin Polymer (TSOP). Se trata de una resina termoplástico que proporciona una recuperación mejor que el polipropileno compuesto reforzado. La TSOP ya se utiliza en una amplia gama de piezas interiores y exteriores de los nuevos modelos, como el parachoques delantero y trasero del Corolla.



Parachoques de TSOP del nuevo Corolla

Figura 15 Vehículo con parachoques de TSOP. Fuente TOYOTA

2) Innovaciones en el campo de la estructura del vehículo:

Para poder aumentar la recuperación de las piezas de desguace, diferentes marcas utilizan el mismo tipo de resina termoplástico en los paneles de instrumentación, en los conductos de aire acondicionado, en el relleno aislante y en los materiales de sellado. Aún más, estas piezas se instalan mediante soldadura por fricción en vez de utilizar tornillos o clips metálicos, por lo que se eliminan las operaciones de desmantelamiento durante el reciclaje.

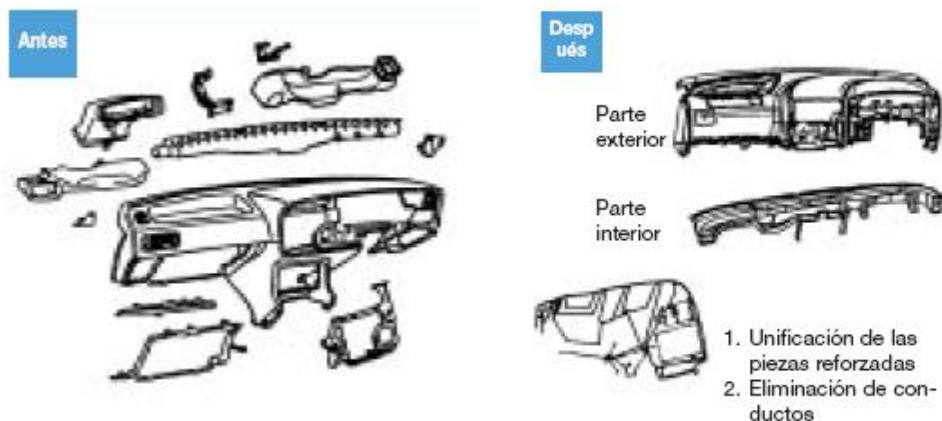


Figura 16 Estructura de un vehículo antes/después de agrupar piezas para facilitar desmantelamiento. Fuente: TOYOTA

3) Innovaciones en el campo del proceso de clasificación:

Ya en el año 1981, Toyota innovó con un sistema de identificación para permitir la identificación de los materiales utilizados en las piezas de resina. Actualmente, se utiliza un sistema de identificación que se ajusta a las normativas internacionales para las piezas de resina y caucho que pesen más de 100 gramos.

Existe cada vez más presión para que se reduzca el volumen y que se aumente la calidad de los residuos triturados que los vehículos fuera de uso generan. Por ello, los fabricantes llevan cierto tiempo considerando, desde la fase de diseño, la reducción de la cantidad de plomo, elemento que ha ido cobrando interés debido a que es una sustancia de relevancia medioambiental en los residuos triturados de automóvil. Tomemos el ejemplo del mazo de cables, que siempre ha necesitado un contenido en plomo para resistir el calor. Sin embargo, se ha desarrollado un material resistente al calor alternativo para el mazo de cables, que no contiene plomo. Otros ejemplos incluyen el radiador, el núcleo del calentador, el tubo de combustible y el depósito de combustible. Se están también realizando grandes esfuerzos para mejorar el tratamiento de los airbags que contienen materiales que emiten gases.

Un ejemplo, es el generador de gas que se utiliza en los airbags, ha sido por lo general azida de sodio. Se trata de una sustancia tóxica que se transforma en un material inocuo cuando se hincha el airbag. No obstante, este gas convierte a los airbags no utilizados en un problema potencial para el medioambiente. Los fabricantes de coches, en estrecha colaboración con los fabricantes de piezas, han desarrollado e implantado airbags que utilizan un compuesto sustitutivo, eliminando así la utilización de la azida de sodio.

Ejemplo de piezas de las que ya se ha eliminado el plomo: Cable de los bornes de la batería, radiadores de cobre, núcleos calefactores de cobre, revestimiento de pintura, mangueras de alta presión de la servodirección, molduras de protección lateral, mazos de cables, sensores de gravedad del cinturón de seguridad, tubos flexibles de combustible.

Ejemplo de piezas de las que se está eliminando el plomo progresivamente: Depósitos de combustible, impresión vitrocerámica, compensador de la aguja del contador, grasa para juntas de velocidad constante, equilibradores de las ruedas, pintura depositada electrónicamente

Ejemplo de piezas de las que la técnica de eliminación del plomo está en desarrollo: Otros componentes del motor, otras partes de la carrocería, placas de circuitos integrados, etc.

4.2 Funcionamiento de una planta de fabricación de automóviles

La fabricación de automóviles, es uno de los procesos más complejos que existen a nivel industrial. A este hecho, contribuyen muchos factores que han caracterizado la evolución de la industria del automóvil, hasta llegar a ser lo que es en la actualidad. La propia naturaleza del producto, dada su mencionada complejidad, lleva intrínseca un proceso de fabricación o ensamblado también complejo y que transcurre por muchas etapas diversas. De modo general podríamos resumirlas en: EMBUTICIÓN, ENSAMBLADO, PINTURA, MONTAJE Y ENTREGA.

El proceso de fabricación de un automóvil, comienza con la llegada de las bobinas de acero. El tipo de acero que se utilice es un factor fundamental en la construcción de la estructura de un automóvil, por poner un ejemplo, cuanto más alto sea el límite elástico del acero, más energía va a absorber en un impacto sin llegar a la deformación plástica.

Una vez se han descargado las bobinas de acero, estas se van colocando en la cabecera de una línea de prensas para su desenrollado, corte, y distintos golpes de prensa que nos van conformando las piezas dependiendo de los punzones y las matrices que se encuentren instalados. Ver figura 17

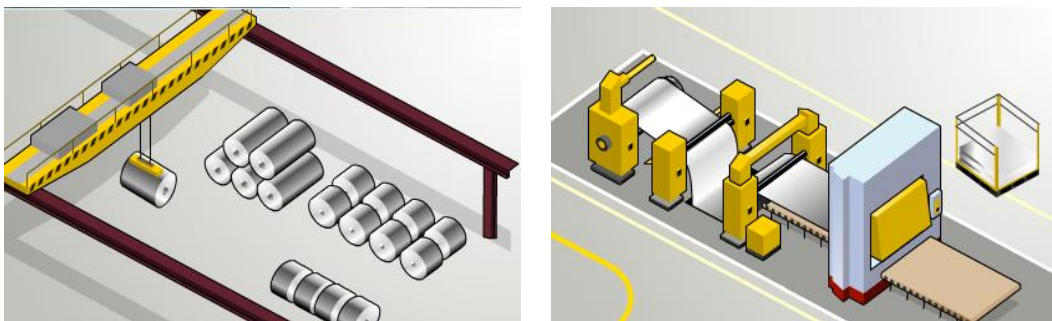


Figura 17 Cabecera de la línea de prensas. Fuente Grupo PSA

Generalmente, a la salida de la línea de prensas se encuentran situados uno o más operadores que van trasladando/colocando las piezas conformadas a contenedores para su posterior traslado al lugar adecuado para el ensamblado. Ver figura 18.

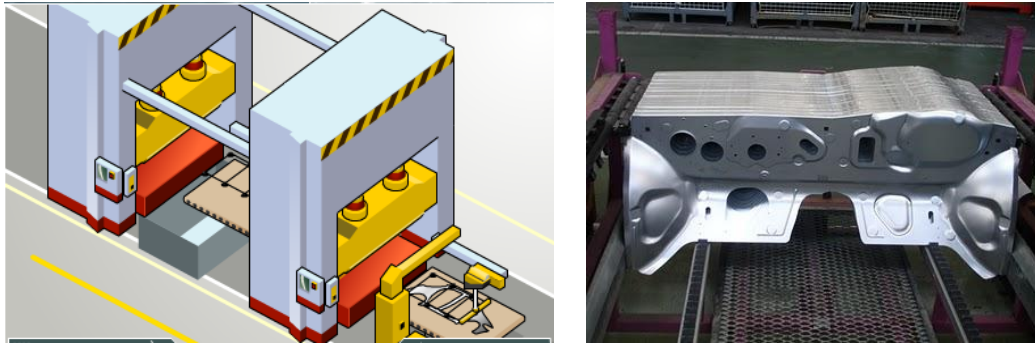


Figura 18 Piezas ya conformadas preparadas para ser ensambladas.

Fuente: Grupo PSA

Comienza a ser cada vez más frecuente, la utilización de tecnologías de visión al final de las líneas de prensa, con el propósito de detectar posibles defectos de la embutición, sobre todo grietas.

A la salida de las prensas de embutición, tenemos piezas de acero conformadas, su aspecto es similar al que reflejan las fotografías del post de embutición. Pero estos elementos es lo que denominamos pieza desnuda. A partir de aquí comienza el proceso de construcción de pequeños ensambles.

El método empleado para la unión de las piezas, por lo general, suele ser la soldadura por resistencia. Esto es, la unión de varias piezas por medio de la fusión de pequeños y múltiples puntos en las zonas de contacto de ambas piezas. La temperatura que genera la unión de las 2 piezas, se consigue por medio de una gran intensidad y un gran esfuerzo puntual de compresión.

Además de la soldadura por resistencia, existen otros métodos de unión de piezas como son la soldadura al arco, el remachado manual o automático y la aplicación de másticos (masillas o pegamentos) que dependiendo del tipo pueden hacer de elemento estructural o aislante frente a ruidos y vibraciones.

En cualquier caso, la filosofía de ensamblado es la misma, se trata de unir 2 o más piezas y conseguir la geometría correcta que nos permita ir construyendo el puzle (el vehículo). Para dar la geometría adecuada a un ensamble, este debe de mantener una posición fija, esto es, al menos se deben de bloquear los 6 grados de libertad de cada pieza; generalmente esta inmovilización se consigue por medio de aprietes o bridas neumáticos. Una vez tenemos las piezas en la posición adecuada, se puede realizar la unión por medio de alguna de las técnicas que se han comentado anteriormente.

Mediante la soldadura por resistencia, en la mayor parte de los casos, las pequeñas piezas se van uniendo hasta completar los grandes subconjuntos como puede ser el piso trasero, el piso delantero, el salpicadero (el armazón que va debajo del plástico que todos conocemos), los laterales o cada una de las puertas.

La figura 21, nos puede ayudar a imaginar cómo sería este proceso de unión de los diferentes sub ensambles, ya que vemos como los distintos elementos van tomando forma. Una vez que los principales subconjuntos están contruidos, generalmente y también en automático, por medio de aplicaciones robotizadas; se colocan una serie de tornillos soldables, que serán utilizados en la fase de montaje de los guarnecidos interiores, para la fijación de estos. Con esta operación, se puede considerar finalizada la fabricación de cada conjunto y es el momento de situarlo en algún medio de manutención, normalmente aéreo, para su traslado hasta la línea principal que es donde se dará la geometría a toda la "caja del vehículo".

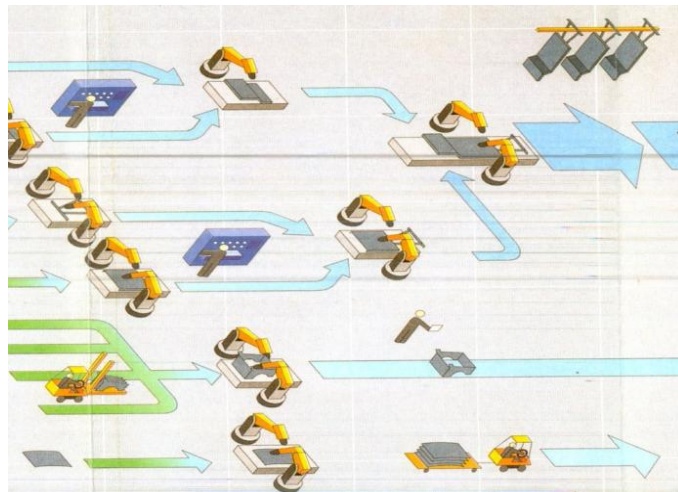


Figura 19 Zona de unión de los subensambles. Fuente Renault

A la llegada de cada uno de estos ensambles a la línea principal, estos conjuntos se van colocando progresivamente sobre un útil móvil de geometría. Sería el equivalente a cualquier útil de ensamble fijo, pero con la particularidad de que se va a ir desplazando a lo largo de toda nuestra línea principal y va a ir recibiendo todos los subconjuntos que constituyen la carrocería. Ver figura 20.

En esta fase del proceso se va viendo como a la línea principal de ensamblado, van llegando todas las piezas que constituyen primero la base rodante, a la que posteriormente se unen los laterales y el techo para constituir una carrocería completa.

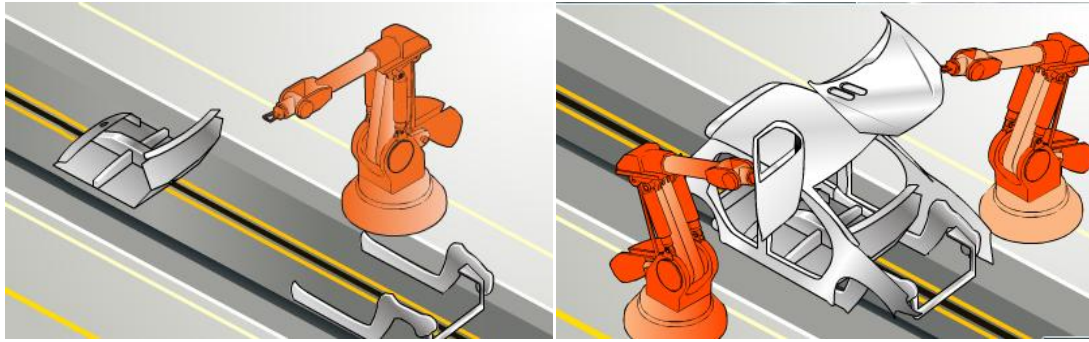


Figura 20 Línea principal de ensamblado. Fuente: Grupo PSA

Es importante destacar el hecho de que nos encontramos, por lo general, en el departamento con un mayor grado de automatización, pudiendo llegar esta hasta índices del 99%. También es de destacar el dato de que un coche de tamaño medio puede llevar más de 4.000 puntos de soldadura por resistencia y como hemos dicho casi el 100% de los mismos se sueldan en automático.

Tenemos toda la caja construida, a excepción de la colocación de todos los elementos "abrientes". Es por tanto, el momento óptimo para realizar un control dimensional del producto que llevamos fabricado hasta ahora.

El control dimensional se puede realizar por varios métodos, control al 100% desplazando cada caja hasta una sala de medición 3D, control estadístico en sala 3D, que suele ser lo normal para los "vehículos de calle", o algún tipo de control 100% en línea por medio de robots (figura 21), u otros mecanismos equipados con sistemas de medición, que no interfieran con el ritmo de la fabricación.



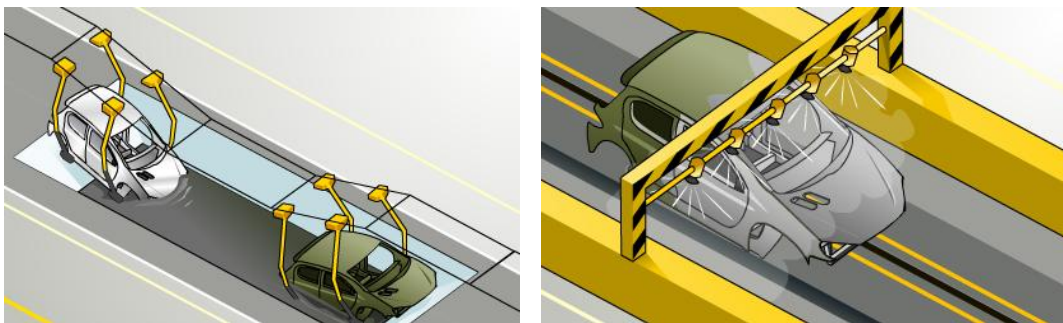
Figura 21 Control dimensional por medio de robots. Fuente: Ferrari.

Llegados a este punto en el que se ha realizado el control de calidad geométrico, solamente restan de añadir a la carrocería las puertas, portón y capot. Estos elementos móviles se han fabricado previamente en un proceso a parte y paralelo. Similar a cualquier otro conjunto unido por medio de soldadura por resistencia.

La carrocería se va desplazando a lo largo de la línea, ya sea por mesas de rodillos, sobre algún vehículo filo-guiado, un AGV o simplemente un carro de tracción humana y se van colocando y ajustando todas las puertas. Para ello se sujetan con un útil y se sueldan o atornillan a la carrocería.

Antes de pasar al proceso de pintura lo único que falta es un control y en caso necesario un retoque del aspecto del producto fabricado. Una vez que ha pasado por los primeros controles de calidad de revisión del aspecto de la chapa desnuda, esta chapa galvanizada que constituye la gran mayoría de la caja, no es de apariencia atractiva para la comercialización ni es lo suficientemente resistente a la corrosión.

Por tanto, el primer paso del proceso de pintura consiste en sumergir todas las carrocerías en unos tanques llenos de unos compuestos químicos, que son los responsables del tratamiento anticorrosivo. Durante esta fase, además del tratamiento anticorrosión, se hace que la carrocería quede con carga eléctrica positiva. Es un paso fundamental ya que de ello va a depender una buena adherencia de la capa de aprestos previa a la pintura. Ver figura 22.



*Figura 22 Zona de tratamiento anticorrosivo e imprimación. Fuente:
Grupo PSA*

Generalmente, antes de aplicar la capa de aprestos es necesario esparcir, manual o automáticamente, cordones de masilla que sellen la carrocería y consigan su perfecta estanqueidad. Una vez aplicadas estas masillas, es el

momento de aplicar esos finos polvos (los aprestos) que van a constituir la base casi microscópica de la capa de pintura.

En las empresas modernas, tanto las capas de aprestos, como las de pintura y lacas, se aplican prácticamente al 100% en automático, por medio de la colocación de las adecuadas pistolas aplicadoras sobre un robot. Del mismo modo, es necesario destacar que la mayor parte de estos procesos transcurre dentro de galerías cerradas y con una atmósfera controlada. Son muy importantes parámetros como la temperatura, la humedad e incluso las corrientes de aire ya que pueden provocar múltiples y variados tipos de defectos como pueden ser: desigualdades en la capa final de la pintura, aparición de gotas, efecto piel de naranja, etc.

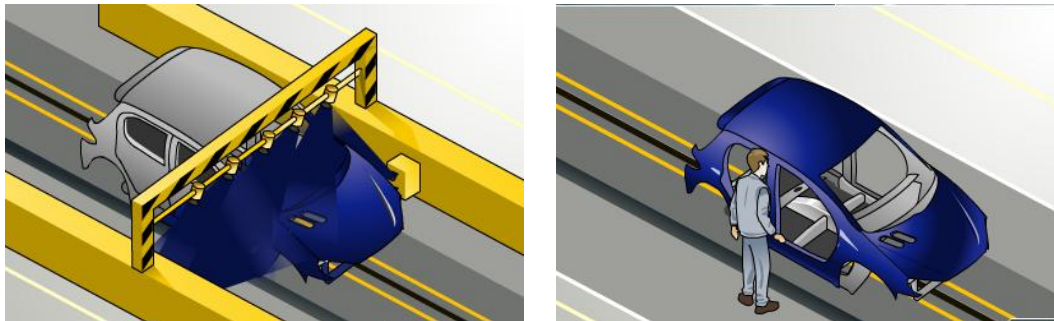


Figura 23 Zona de pintado y control de calidad. Fuente: Grupo PSA

Para evitar que cualquiera de estos defectos llegue al cliente final, el último paso del proceso de pintado, vuelve a ser un control de calidad, y en caso necesario el retoque.

Actualmente, la gran mayoría de los fabricantes de automóviles, han desarrollado una política medioambiental. Para cumplir con sus compromisos medioambientales, los departamentos de pintura son una pieza clave dentro de las factorías. La gran tendencia, para perjudicar medioambientalmente lo menos posible, es utilizar pinturas con bases al agua y además instalar depuradoras que permitan purificar y reutilizar el agua.

Mientras, se produce un ensamblaje auxiliar. En estas áreas de producción se ensamblan piezas de gran tamaño, para así acelerar la línea principal de montaje. Estos componentes pueden ensamblarse internamente o externamente (en este último caso a estos proveedores se les denomina proveedor de sistemas). Ejemplos pueden ser el motor, la transmisión, ejes, habitáculo, ensamble delantero (parachoques + faros delanteros), asientos, puertas, etc.

Después de pintar se completa la carrocería desnuda con todas las piezas necesarias. Para ello, se suelen desensamblar las puertas y en ocasiones también la puerta del maletero, para ser ensamblados de forma paralela y así facilitar el acceso al interior del vehículo. Se comienza con el arnés de cables (diferente según los equipamientos especiales del vehículo) para ir poblando el interior poco a poco, revestimientos, modulo de climatización, volante + eje, salpicadero, asientos, etc. Ver figura 24.

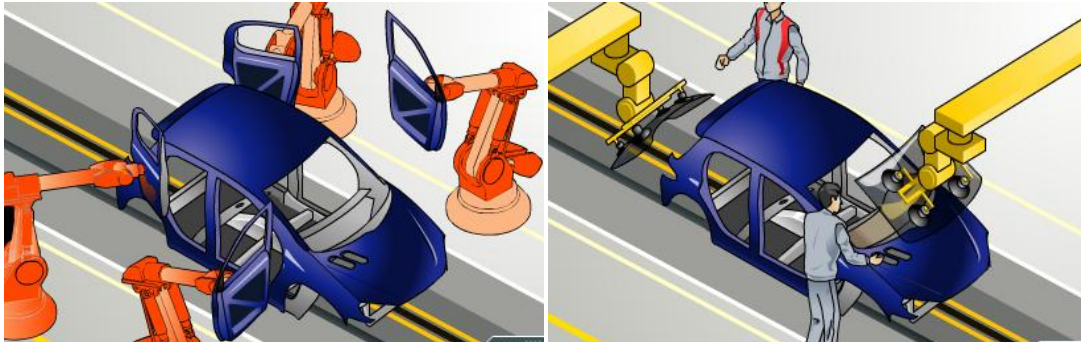


Figura 24 Fase de ensamblaje de elementos. Fuente: Grupo PSA

En paralelo, se ensambla el motor con la transmisión y los ejes. La unión del cuerpo de vehículo y la parte inferior se denominada "boda". Finalmente, se ensamblan las puertas desensambladas al comienzo del montaje, se rellena el vehículo con todos los líquidos necesarios (ej. aceite de motor, refrigerante, líquido de frenos, etc.). Ver figura 25.

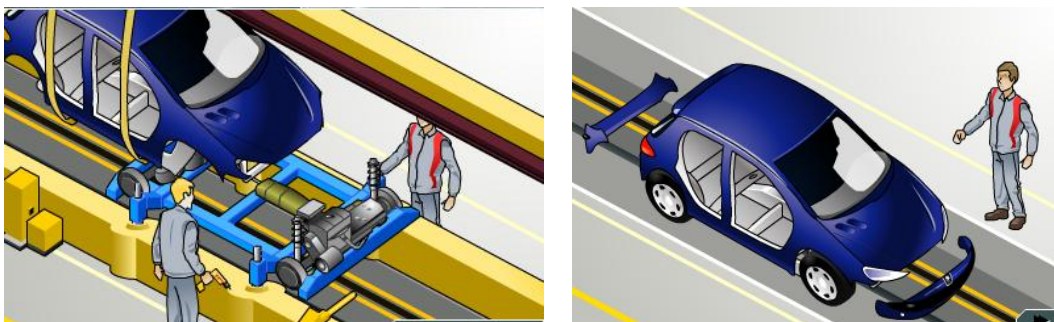
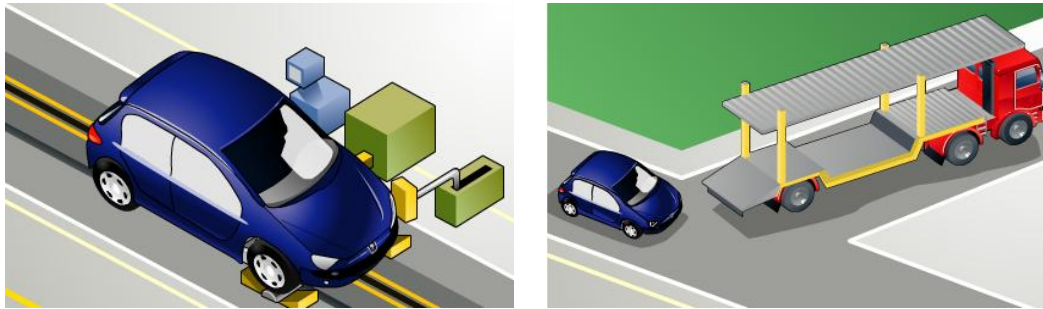


Figura 25 Ensamblaje de la transmisión y elementos exteriores.

Fuente: Grupo PSA

Es entonces, cuando se arranca el motor por primera vez para probar el vehículo a altas velocidades sobre dos rollos (de forma que solo las ruedas giren y el vehículo permanezca inmóvil). Tras ejecutarse diferentes pruebas electrónicas,

se confirma que todos los componentes inteligentes no reportan ningún problema (OBD) y finalmente se realizan los últimos detalles como puede ser imperfecciones en la carrocería o una óptima apertura y cerrado de las puertas. Siempre y cuando el vehículo no precise de alguna reparación mayor en el área de retrabajo que no se pudiera hacer directamente en la línea, el vehículo está listo para ser enviado al concesionario.



*Figura 26 Prueba del vehículo y envío al concesionario. Fuente:
Grupo PSA*

4.3 Reciclado de componentes en la línea de producción

Las líneas de producción de automóviles, en la actualidad se centran cada vez más en cuidar del medio ambiente. De esta forma, las plantas de producción generan menos emisiones nocivas, reutilizan casi el cien por cien de sus recursos y el consumo energético se reduce de forma importante.

En las plantas españolas, los fabricantes de automóviles utilizan sistemas de producción similares al resto de Europa con el fin de:

- Reducir la energía necesaria para el funcionamiento de la fábrica.
- Emitir menos dióxido de carbono (CO₂) y compuestos orgánicos volátiles (VOC).
- Emplear menos cantidad de agua.
- Reciclar todos los residuos.

En la fabricación de automóviles se generan emisiones nocivas para el medio ambiente como el dióxido de carbono (CO₂) y, de forma importante, compuestos orgánicos volátiles (COV) que provienen de la evaporación de disolventes orgánicos de las pinturas. Para reducir las emisiones de CO₂ algunos fabricantes recurren al gas natural y al uso de residuos generados por la propia fábrica, algo que también les proporciona energía.

En el centro de ensayos de motores de Audi, en Neckarsulm (Alemania), disponen de un sistema de aire acondicionado con recuperación integral del calor, que genera energía eléctrica para el edificio.

Parte del agua reciclada por Toyota en Valenciennes (Francia), se destina a sus calderas de agua caliente y pistolas de aire comprimido, con las que se pintan los coches gracias a un sistema de intercambio de calor. De esta manera, la planta de Toyota obtiene de 2,5 a 3 MW, lo que equivale a ahorrar 2.000 toneladas de CO₂ por MW.

En general, cada vez más fábricas emplean energía eléctrica proveniente de placas solares, como en la de GM en Figueruelas (Zaragoza), o de molinos de viento.

Aunque es una cantidad variable, una planta de automóviles puede necesitar entre 2.000 y 3.000 litros de agua por vehículo producido. Una buena optimización puede llegar a reducir estas cifras en más de un 50 por ciento y dejar esta cantidad en torno a 1.000 litros. La mayor parte de agua utilizada en una fábrica de automóviles, se destina a la pintura. Hacer que la planta sea más ecológica, pasa por reducir al máximo la cantidad necesaria de agua para pintar.

El reciclaje y la reutilización del agua, es un punto esencial en estas factorías. El agua de desecho llega mezclada con aceites, pintura, elementos metálicos y otros restos. El proceso de filtrado y ósmosis inversa que emplea Toyota en algunas de sus plantas, permite reutilizar el agua para refrigerar motores y para preparar las máquinas de pintura.

De hecho, muchas fábricas verdes cuentan con un recinto, a modo de pequeño embalse, donde almacenan el agua de lluvia. Si bien el ahorro del agua es variable en función de las circunstancias meteorológicas de la zona, lo cierto es que puede aportar un 20 % del total necesario diariamente.

Separar para reciclar, es la ley básica del cuidado medioambiental y las fábricas de automóviles no son una excepción. Antiguamente, se quemaba todo en la incineradora sin separar, pero ahora se separan todos y cada uno de los elementos llegando a reciclar casi el cien por cien de los mismos.

Para reducir el impacto medioambiental, las fábricas reducen el uso de materias primas y reutilizan o reciclan piezas y materiales.

Las empresas de automoción, están cada día más comprometidas con el desarrollo de tecnologías para la utilización efectiva de resinas y cauchos, elementos de difícil reutilización o reciclaje, debido a las dificultades que

presenta el separar los materiales del compuesto y el tener que cumplir con los requisitos de calidad.

Las tecnologías de reciclaje, se aplican en primer lugar a los materiales remanentes de los procesos de producción, en la mayoría de casos dichos componentes, sobre todo los plásticos, se reciclan internamente, por ejemplo es el caso de los parachoques. Los fabricantes han ido ampliando la aplicación de las tecnologías de reciclaje hacia sus distribuidores oficiales, recogiendo las piezas que son entregadas en los talleres oficiales.

En las fabricas de automòviles, existe peligro de emisión de gases a la atmosfera y derrames en muchas de las secciones de trabajo debido a la utilización de productos químicos, aceites, gases y combustibles que son necesarios para el funcionamiento de los diferentes procesos de fabricación. Estas fugas o derrames, entrañan un grave peligro tanto para las personas como para el medioambiente. En la tabla 21 podemos ver los principales peligros ambientales derivados del uso de estas sustancias.

Taller o instalación	Fuentes de peligro más relevantes	Principales Peligros
Prensas	- Tanques de aceites (hidráulico, estampación, lubricación) - Bidones, GRGs - Error humano	- Derrames
Chapistería	- Humos de soldadura	- Emisiones a la atm. (filtro P.S.)
Pintura	- Cubas tratamiento superficies - Pinturas y disolventes - Productos para baños tratamiento - Error humano	- Derrames - Incendio / explosión - Emisiones a la atm. (incinerador)
Montaje de vehículo y revisión final	- Líquidos motor - Gas refrigerante - Carburante - Error humano	- Derrames - Escape gases - Incendio / explosión
Depuradora	- Productos tratamiento - Aguas residuales - Error humano	- Derrame PQs - Derrames/rebose tanques aguas residuales
Otras infraestructuras: - Gasolinera - Calderas - Torres refrigeración - Almacenam. gases, PQs - Almac. RPs - Grupos electrog.	- Carburantes - Gas natural - Agua de torres refrigeración - Gases inflamables - Productos químicos peligrosos - Residuos Peligrosos - Error humano	- Derrames PQs - Escapes de gases - Incendio / explosión

Tabla 21 Principales peligros ambientales en las instalaciones de una fábrica de automòviles. Fuente: Volkswagen Navarra

Los puntos clave para la mejora del proceso serían:

- En la fase de diseño, utilizar materiales adecuados para el reciclaje y agrupar componentes del mismo material o materiales compatibles mediante sistemas como la soldadura de fricción en vez de utilizar tornillos o clips metálicos. Es necesario establecer un sistema de marcado y clasificación para identificar bien los componentes y su composición, al igual que unas buenas instrucciones de desmantelamiento de los componentes. De este modo se reducen las operaciones de desmantelamiento y con ello se consigue una clasificación más rápida y eficaz de los materiales.
- En la fase de producción, es importante reducir el uso de materias primas y además reutilizar y reciclar piezas y materiales remanentes de los procesos de producción. Separar para reciclar debe ser la ley básica del cuidado medioambiental. Hay que reducir las emisiones nocivas y evitar derrames de productos y residuos peligrosos. En cuanto al agua, emplear menos cantidad, el reciclaje y la reutilización debe ser un punto esencial en estas factorías.

Hay que resaltar, que los fabricantes de automòviles tienen bien claro que el reciclaje es fundamental y la mayoría de ellos transmiten y exigen a sus proveedores que apliquen esta mentalidad ecológica en sus procesos productivos.

5 PROCESO EN TALLERES

Básicamente, los residuos provenientes de un automóvil a lo largo de su vida útil, se generan en talleres de reparación y mantenimiento de vehículos, además en los talleres también se generan otros residuos derivados de su actividad y de materiales auxiliares (por ejemplo, trapos, serrín, embalajes).

Así pues, en los talleres de mantenimiento, se producen residuos de diferente naturaleza, algunos de los cuales se pueden reciclar. Se requiere para ello la colaboración de los distribuidores oficiales, para mejorar el reciclaje de consumibles y piezas de repuesto mediante una mayor eficiencia en la recogida y en la colaboración de empresas de reciclaje.

5.1 Descripción de los principales servicios proporcionados por un taller

La generación de residuos de un taller está condicionada por su especialización (chapa y pintura, electricidad,...) así que a continuación, se va a realizar una breve descripción de los servicios que proporciona generalmente un taller de Servicio Automotriz, con el objeto de identificar entradas y salidas de materiales en cada actividad o servicio. Esta descripción general e inicial, es necesaria para ubicar los aspectos ambientales que tienen relación con cada uno de estos servicios y actividades realizadas dentro del taller.

a) Lavado de partes

La máquina lavadora de partes, es utilizada en algunos talleres principalmente con solventes de base mineral o base agua. El solvente de base mineral se recicla continuamente conforme es utilizado, después de limpiar las partes, el solvente se drena hasta el agua, formando una turbulencia entre el solvente, lodos, grasas, impurezas y agua. Las partículas se sedimentan, semejando un filtro, el solvente se separa del agua y sube hasta la bomba nuevamente, de esta forma las impurezas se quedan en el fondo o en el agua, según su peso específico. (Ecolimp Ambiental) Este tipo de máquinas pueden usarse con desengrasantes de base mineral o base agua biodegradables o emulsificados. Es posible también utilizar el solvente directamente es decir, no tener el contrato de la máquina lavadora con la empresa prestadora de servicios.

Recomendaciones:

Los solventes gastados o usados, deben guardarse en recipientes debidamente etiquetados como "solvente gastado". Los recipientes deben de estar bien cerrados, no tener fugas, ni estar oxidados o abollados. Se debe contratar el

servicio de una empresa para enviar a reciclar o disponer de los solventes y llenar el manifiesto de generación de residuos peligrosos correspondiente. Los solventes gastados que se envían a disposición, deben de especificar el nombre del producto químico utilizado en el solvente y no se debe mezclar diferentes tipos de solventes.

Cuando se utilizan grandes cantidades de solvente, es recomendable contratar a una empresa que presta el servicio de Máquinas Limpia Partes. El servicio prestado consiste en la instalación de uno o varios equipos, en préstamo. El servicio es programado en un periodo de 4 o 6 semanas, según las necesidades del negocio. Se carga la máquina con un solvente de poder desengrasante para la limpieza de partes metálicas. Al término del periodo se retira el solvente sucio y/o contaminado, el cual es dispuesto de acuerdo con la normatividad ambiental en vigor. Se da limpieza y mantenimiento general del equipo, y se reponen las partes dañadas sin costo.

b) Cambio de anticongelante.

En invierno si el agua se congela en el radiador y en los conductos de agua, ocasionaría un gran daño al sistema de enfriamiento, debido a la expansión resultante del congelamiento, algunas partes del sistema reventarían. Para impedir el congelamiento han sido fabricadas muchas soluciones anticongelantes. El procedimiento de cambio de anticongelante, generalmente consiste en lo siguiente: el anticongelante se drena del radiador y éste se llena con el anticongelante nuevo para mantener las propiedades coligativas, es decir, disminuir la temperatura de congelación y aumentar la temperatura de ebullición. La cantidad de anticongelante utilizado es aproximadamente de 4,5 litros.

Recomendaciones:

Los recipientes de anticongelante residual, deben tener una etiqueta que diga explícitamente "anticongelante residual" o anticongelante "usado", el recipiente debe contener únicamente el anticongelante residual y debe estar debidamente cerrado. Se debe enviar a reciclar ó a disposición con una compañía autorizada. No se debe tirar al desagüe.

c) Limpieza de frenos

Para el correcto funcionamiento del sistema de frenos del automóvil, se debe dar un mantenimiento adecuado. La limpieza de frenos en general consiste en lo siguiente: se desatornilla la bomba de líquido de frenos usada y se coloca la bomba nueva. Se quitan los tapones de la bomba nueva y se llena con el líquido

de frenos nuevo (Aproximadamente 300 ml). Se purga el sistema con cada una de las llantas. El limpiador de frenos es utilizado para remover contaminantes de la superficie de los frenos tales como aceite y el líquido de frenos.

Recomendaciones:

El líquido de frenos se debe almacenar en un recipiente separado, cerrado y debidamente identificado. Se debe contactar a una compañía autorizada para su disposición como residuo peligroso. No se debe mezclar con el aceite usado ni vaciar al drenaje o al suelo. No se debe mezclar con el limpiador de frenos.

d) Cambio de aceite.

El aceite se ensucia durante el trabajo del motor, cuando las partículas de impurezas como carbón, gasolina, agua y metal se mezclan con el aceite. El procedimiento de cambio de aceite, en general, consiste en lo siguiente: se coloca un recipiente debajo del auto, se drena el aceite y se vacía en el mismo. Después, el contenido del recipiente se va almacenando en un bidón de 200 litros, o en un recipiente de mayor tamaño, de aceite gastado. El aceite nuevo se bombea de un bidón de 200 litros a una lata de 5 litros y con un embudo se vacía al automóvil, o bien se utilizan directamente latas de 4 ó 5 litros de aceite. Se cambia el filtro de aceite viejo, por uno nuevo.

Recomendaciones:

Los recipientes de aceite usado, deben tener una etiqueta que diga explícitamente "aceite usado", para ser recogido por la empresa que recicla el aceite. Al almacenarlo no debe ser mezclado con solvente, ni con el líquido de frenos ni con gasolina. Se perforan, se drenan durante 24 horas y se aplastan, para colocarlos en un recipiente de filtros usados que se disponen como residuos peligrosos. El método más eficaz para drenar correctamente el filtro es perforar la válvula trasera antidrenaje o la parte cóncava del filtro y verter el aceite usado en un recipiente adecuado. La válvula, consiste en una tapa de goma que crea un vacío, para evitar que el aceite se escurra nuevamente hacia el motor cuando no está encendido. Al perforar el filtro, se rompe el vacío y esto permite que el aceite "atrapado" se recupere para reciclarlo. El aceite drenado, también se vacía al contenedor del aceite gastado.

e) Afinación de la transmisión.

Es necesario dar este mantenimiento al automóvil, en intervalos de tiempo especificado, para su correcto funcionamiento. El procedimiento en general depende del tipo de transmisión y consiste en lo siguiente:

Cambio del fluido de la transmisión automática: Se coloca la cubeta de vaciado por debajo del cárter de la transmisión, se aflojan los tornillos y se vacía el fluido de la transmisión (aproximadamente 4 litros por automóvil), se limpia con solvente. Después el fluido se almacena temporalmente en un tanque de 200 litros o más grande. Se retira el filtro del montaje dentro de la transmisión y se dispone en un recipiente o bolsa para residuos peligrosos. Se coloca un filtro nuevo y un empaque nuevo. Se añade por la boquilla el tipo de fluido de transmisión especificado.

Transmisión estándar: Se retira el tapón, se vacía por el botón inferior y se llena con el aceite nuevo por un tapón que se encuentra a mediación de la caja de la transmisión. Aproximadamente se generan de 2 a 3 litros de aceite residual.

Cambio de lubricante del diferencial: Se remueve el tapón de llenado del diferencial, o si está equipado con un tapón de vaciado se remueve este tapón permitiendo que se vacíe completamente el lubricante del diferencial en el recipiente. Se utiliza un embudo para llenar el cárter del diferencial con el lubricante especificado.

Recomendaciones:

Los fluidos generados en este proceso, pueden ser manejados como el aceite gastado. No se deben vaciar al desagüe o tirar a la basura. No se debe mezclar con el limpiador de frenos, ó limpiador de carburador. Los filtros de transmisión, se deben manejar como los filtros del cambio de aceite, es decir, se deben perforar para vaciar/drenar su contenido durante 24 horas, colocarlos en un recipiente y disponer de ellos como residuos peligrosos. El aceite drenado, también se vacía al contenedor de aceite gastado.

f) Cambio de batería.

El procedimiento de cambio de batería es el siguiente: Se retira la batería que ya no funciona y se coloca una nueva. Existen baterías en el mercado que ya no contienen plomo y están fabricadas con zinc. En las baterías nuevas se utiliza el ácido sulfúrico (H_2SO_4) en forma de gel (en lugar del líquido) y la batería se encuentra sellada.

Recomendaciones:

Generalmente las recoge el proveedor de las mismas o son enviadas al confinamiento. Las baterías que van a ser enviadas para su disposición, deben estar bajo un techo y sobre un recipiente que evite que las fugas lleguen al drenaje. No se debe vaciar su contenido.

Las indicaciones en caso de derrame son: absorber el derrame con almohadas conteniendo sílica gel, si el derrame es muy grande formar un dique con la misma sustancia o puede utilizarse bicarbonato de sodio y manipular como residuo peligroso los materiales utilizados en la maniobra de recogida del derrame.

g) Limpieza del carburador.

Este procedimiento se realiza porque se acumulan arenillas en el interior del tanque y gases del lubricante en el exterior. Se desarma el carburador y se lleva a cabo su limpieza. En algunos lugares utilizan diferentes productos que contienen solventes en spray.

Recomendaciones:

En caso de utilizar productos en spray, se debe utilizar todo el producto de la lata y disponer la lata como residuo peligroso. En caso de utilizar thinner, debe ser almacenado con la etiqueta de thinner residual y ser enviado a disposición (confinamiento) por una empresa autorizada.

h) Cambio de refrigerante del aire acondicionado o climatizador.

Cuando el clima del automóvil no funciona bien es necesario realizar el mantenimiento. Hay diferentes formas de recargar el sistema con gas refrigerante. Una opción es rellenar el sistema con el refrigerante nuevo que le falta, la otra es evacuar totalmente el sistema y recargar con refrigerante nuevo.

La primera opción consiste, en reparar la fuga y llenar el sistema con el refrigerante que falta. La segunda opción implica eliminar totalmente el refrigerante que estaba en el automóvil, realizar la reparación de fugas y después recargar el sistema con refrigerante nuevo. Es posible remover las impurezas utilizando un equipo de reciclaje y recargarlo en el vehículo (o recuperar el refrigerante para su posterior reciclaje). Es muy importante encontrar y reparar las fugas del sistema para evitar que el gas se emita a la atmósfera.

Recomendaciones:

Un equipo de reciclaje, es cuando quitan el refrigerante del automóvil, lo reciclan y lo vuelven a introducir en el mismo y un equipo de recuperación, se refiere a que después de obtener el refrigerante se envía a una empresa autorizada para su reciclaje. No debe dejarse escapar el refrigerante a la atmósfera.

i) Limpieza de inyectores.

Dentro de la cámara de combustión, algo del combustible se carboniza, por lo que se debe retirar para permitir el correcto funcionamiento del motor. Se desconecta la manguera de alimentación de combustible al riel de inyección y en esa conexión se instala el adaptador del equipo para lavar inyectores. Se utiliza la boya para presurizar el solvente y realizar la limpieza. (La boya es un depósito que se presuriza con aire) También se pueden utilizar productos que vienen en botes de spray.

Recomendaciones:

En caso de utilizar productos en spray, se debe utilizar todo el producto de la lata y disponer la misma como un residuo peligroso.

j) Lubricación y limpieza del sitio y del suelo.

Es necesario limpiar del suelo los pequeños derrames de aceites, solventes u otra sustancia utilizada después de proveer los diferentes servicios prestados por el taller. Debe tenerse en cuenta que los textiles y cartones que han estado en contacto con aceites y grasas usadas son residuos peligrosos; por ello debe disponerse de contenedores para su recogida y posterior gestión.

Recomendaciones:

Se debe evitar la descarga de aceites, grasas, solventes o combustibles en el drenaje (sistema de alcantarillado urbano o municipal). Los aceites y grasas, pueden estar presentes en el agua como una emulsión de residuos industriales. Estas sustancias imparten olor y sabor desagradables, y también ocasionan la destrucción de la vegetación ya que impiden los procesos naturales de oxigenación y de paso de la luz solar.

Para la limpieza y mantenimiento del taller se pueden utilizar, estopas, trapos, toallas de papel y material absorbente como serrín o desengrasante.

Los residuos peligrosos vertidos al suelo, ocasionan serios problemas de contaminación ambiental y ponen en riesgo la salud humana. Por esta razón debemos eliminar el vertido intencional y prevenir los derrames accidentales de residuos peligrosos, como el aceite al suelo mediante actividades preventivas y un manejo adecuado de los mismos durante el transporte y en el almacén.

En caso de que el suelo ya esté contaminado, es importante especificar el tipo de sustancias contaminantes que se encuentran en el mismo, como por ejemplo

combustible, solventes, aceites/grasas, y el tipo de la fuente: un derrame, un tiradero, fuga.

Los aceites o las baterías, pueden calificarse como un residuo horizontal o muy generalizado en los concesionarios, ya que se generan en la gran mayoría de los talleres. En sentido contrario, los vidrios, paragolpes, filtros de aceite, catalizadores, textiles y otros plásticos, pueden ser considerados como residuos menos generalizados y el líquido refrigerante y los neumáticos ocupan un lugar intermedio.

5.2 El sector de los talleres de automoción en Cataluña

Según datos del gremio de talleres de Barcelona, el conjunto de talleres de automóvil en Cataluña asciende a unos 9.200 establecimientos en el 2007. El perfil más habitual, es el de un taller independiente, dedicado a la electromecánica de los turismos y con entre 2 y 9 trabajadores. Se trata de pequeñas empresas, que en muchos casos no disponen de los medios adecuados para realizar políticas de reciclaje del todo adecuadas. Su segmentación podemos verla en la tabla 22.

SEGMENTACIÓN		% EMPRESAS
VEHÍCULOS	TURISMOS	75
	MOTOS	10
	IND. LIGEROS	8
	IND. PESADOS	4
	OTROS	2
SERVICIO	CONCESIONARIO	8
	AGENTE OFICIAL	20
	TALLER INDEPENDIENTE	72
ESPECIALIDAD	ELECTROMECHANICA	70
	MIXTO	23
	PLANCHA	7

LUGARES DE TRABAJO	1 PUESTO	13
	2 PUESTOS	29
	3-4 PUESTOS	26
	5-9 PUESTOS	25,5
	10 o MÁS PUESTOS	6,5

Tabla 22 Segmentación del sector de los talleres de automoción en Cataluña. Fuente: Gremio de talleres de Barcelona.

A partir de una encuesta realizada por el gremio de talleres de Barcelona, para toda Cataluña se deducen algunos datos significativos:

Un 35% de los talleres aseguran utilizar únicamente un gestor de residuos. Este hecho es mucho más evidente en la zona de Barcelona. En el conjunto de las provincias de Gerona, Lérida y Tarragona, era más extendido el uso del chatarrero que se extendía al 54% de los talleres, complementado con un 40% de talleres que acudían a los centros de recogida.

Es de gran importancia el uso de un gestor de residuos especializado y lo ideal sería que esta operación la realizara un gestor único que se ocupe de todos los residuos generados en los talleres y garantice su buen uso y una adecuada manipulación y transporte.

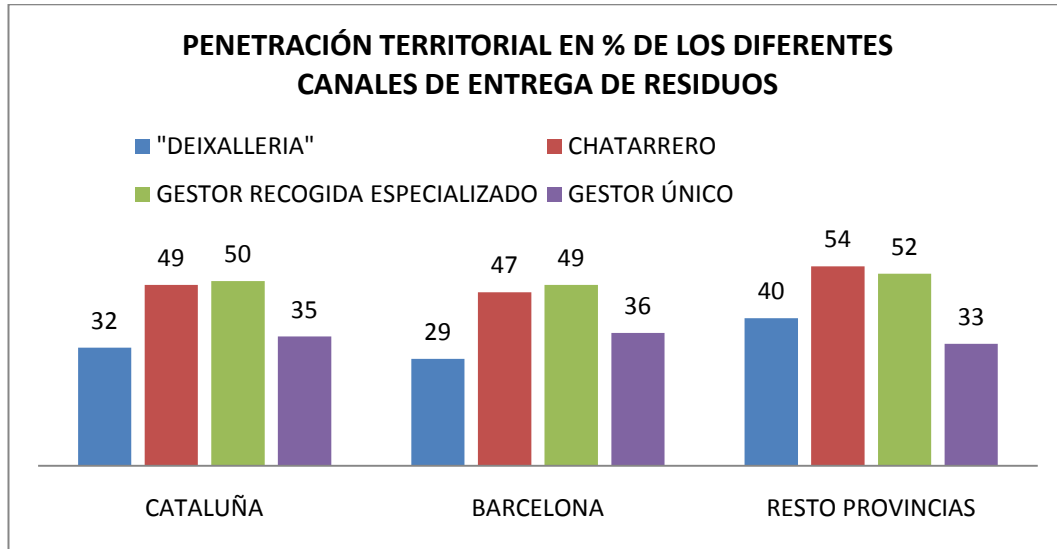


Figura 27 penetración de los diferentes canales de recogida de residuos en Cataluña 2007. Fuente: Gremio talleres Barcelona.

Para hacernos una idea del volumen de residuos que se generan durante la etapa de vida útil de un vehículo, podemos utilizar las cifras de los principales residuos peligrosos recogidos en talleres de Cataluña por SIRCAT, entre el periodo 2004-2006. Ver tabla 23.

PRINCIPALES RESIDUOS PELIGROSOS RECOGIDOS POR SIRCAT (2004-2006)	Kg
Filtros de aceite	→ 1.738.759
Anticongelantes	→ 439.238
Absorbentes	→ 283.805
Residuos pintura y barnices	→ 271.565
Disolventes	→ 70.585
Aerosoles	→ 25.604

Tabla 23 Principales residuos peligrosos recogidos por SIRCAT en talleres (2004-2006). Fuente: SIRCAT

RESIDUO	MAGNITUD	TOTAL CATALUÑA/ año
LIQUIDO DE FRENOS	LITROS	441.000
FILTROS (ACEITE+COMBUSTIBLE)	UNIDADES	4 MILLONES
ANTICONGELANTE/REFRIGERANTE	LITROS	3,8 MILLONES
BATERIAS	UNIDADES	650.000
NEUMATICOS	UNIDADES	1,1 MILLONES
CHATARRA	TONELADAS	30.000
ENVASOS PLÁSTICO	UNIDADES	6,2 MILLONES
BOTES SPRAY	UNIDADES	1,5 MILLONES
ENVASES METALICOS	UNIDADES	1 MILLON
TRAPOS	TONELADAS	400
CARTÓN	TONELADAS	3.900
MADERA	TONELADAS	5.400

Tabla 24 Cantidades de residuos generadas por los talleres electromecánicos en Cataluña/año. Fuente: Gremio talleres Barcelona

Si estimamos las cantidades generadas anualmente, de los residuos principales de los talleres de electromecánica, que son los que generan una situación más dispar por lo que se refiere a su gestión, nos damos cuenta de la importancia que tiene una correcta gestión de dichos residuos, que ascienden a más de **75.000 toneladas al año** únicamente en Cataluña. En la tabla 24 podemos ver el detalle de estos residuos.

La reparación más común en los talleres, es el cambio de aceite y por lo tanto, el residuo más abundante resultante de las reparaciones, en la mayoría de casos el aceite usado. Después le siguen las reparaciones de piezas que derivan en chatarra (metálicas) y los filtros usados. Ver figura 28.

RESIDUO/VEHICULO REPARADO

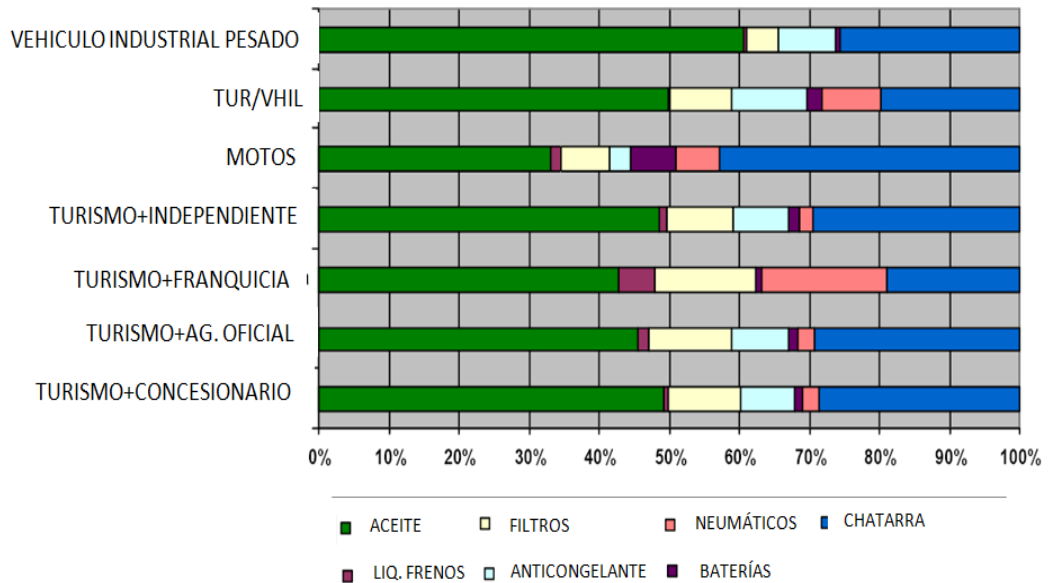


Figura 28 Residuos generados en las reparaciones según tipo de vehículo y de taller. Fuente: Gremio de talleres de Barcelona.

Durante las reparaciones, se utilizan elementos como trapos, cartones, maderas, envases de todo tipo y spray que también deben reciclarse. El residuo más abundante son los envases, sobretodo de plástico y los cartones que provienen de los embalajes. Ver figura 29.

RESIDUO/VEHICULO REPARADO

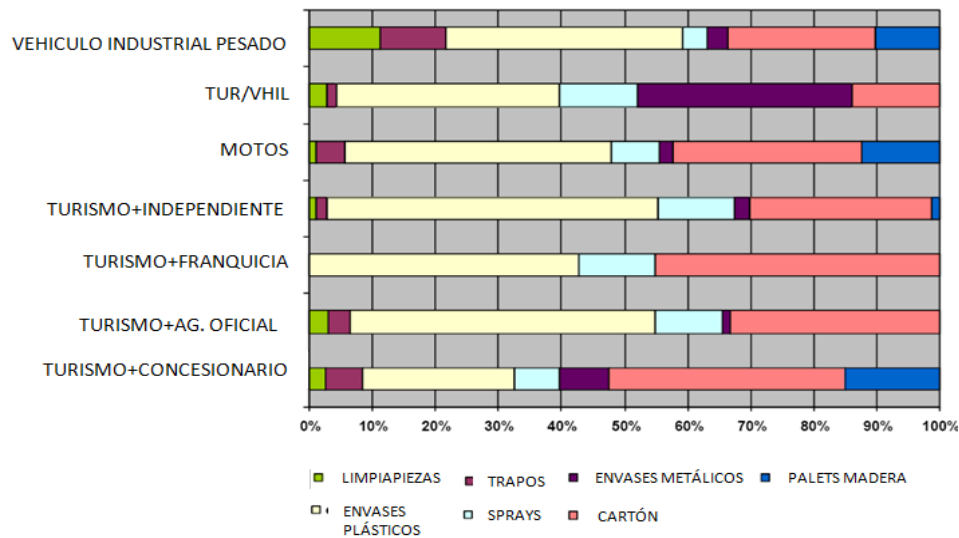


Figura 29 Residuos de productos empleados por el taller en las reparaciones. Fuente: Gremio de talleres de Barcelona.

5.3 Obligaciones de los talleres en cuanto a residuos.

Al producir una cantidad importante de plásticos y cartones, se deberá contactar con un gestor autorizado para su gestión.

Los aceites, baterías, líquido anticongelante, neumáticos, líquido de frenos, filtros de aceite, aire y combustible usados junto con las pastillas de frenos que contengan amianto son RESIDUOS PELIGROSOS, por lo que su gestión la llevará a cabo un gestor autorizado.

Cualquier envase u objeto que haya contenido o haya estado en contacto con sustancias peligrosas, tienen carácter de RESIDUOS PELIGROSOS por lo que para su gestión se consideraran todas las obligaciones establecidas para estos. Son residuos peligrosos, trapos usados manchados en aceites, la arena o serrín utilizado para limpiar las manchas de aceite, envases de aceites, líquido de frenos, anticongelante...

Todos estos residuos peligrosos deben ser almacenados en condiciones de seguridad e higiene, separados entre sí y del resto de residuos y deben estar correctamente envasados y etiquetados. Ver anexo A de etiquetado de residuos.

El taller, está obligado a poseer un Libro de Registro de todos los residuos entregados al gestor autorizado.

6 PROCESO DE LOS VFU'S

La fase de eliminación o vehículos fuera de uso, consiste en investigar para obtener tecnologías de desguace eficientes, para los vehículos fuera de uso y la utilización de los residuos fragmentados y no fragmentados.

6.1 Que tratamiento sigue un VFU en España

España es, en estos momentos, uno de los países mejor situados en lo que a la recuperación de los vehículos fuera de uso se refiere, gracias a distintos factores entre los que destaca:

- El esfuerzo realizado por los sectores del desguace y de la fragmentación para su modernización.
- La gran labor realizada por las Administraciones Central y Autonómicas en el establecimiento de la normativa y el control de las actividades.
- La estrecha colaboración que fabricantes, importadores, desguazadores y fragmentadores mantienen desde hace más de 10 años que se materializa en la constitución de SIGRAUTO por parte de AEDRA, ANFAC, ANIACAM y FER en el año 2002.
- La apuesta decidida por la investigación y el desarrollo como vía de mejora continua

En la actualidad, España cuenta con una infraestructura de recuperación de alta calidad, que permite asegurar el correcto tratamiento medioambiental de los aproximadamente 900.000 vehículos que llegan al final de su vida útil anualmente en nuestro país. Un claro ejemplo, es que España cuenta con la red de Centros Autorizados de Tratamiento (CATs) y fragmentadoras concertadas por los fabricantes e importadores de vehículos más numerosa de toda la Unión Europea, con capacidad, más que sobrada, para los volúmenes de vehículos que se generan y donde se garantiza la entrega gratuita de los vehículos a los propietarios.

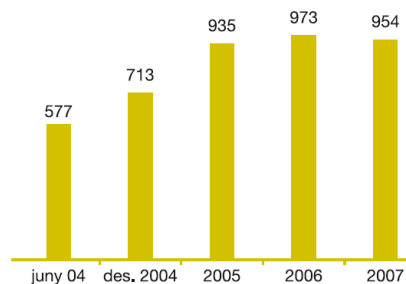


Figura 30 Gestores de VFU en el Estado español. Fuente: AETRAC

En los últimos años, uno de los aspectos sobre los que más esfuerzos se han realizado, ha sido la búsqueda de nuevas vías para aumentar los niveles de recuperación y poder así alcanzar los objetivos de recuperación fijados en la Directiva 2000/53/CE. Para ello, gran parte de los esfuerzos se están centrando en el residuo que se genera tras la fragmentación de los vehículos al final de su vida útil, una vez que han sido descontaminados y se les han retirado todas aquellas piezas y componentes susceptibles de ser reutilizados.

Distintas agrupaciones y organizaciones como la Agrupación Española de Fabricantes de Cemento (OFICEMEN), lleva varios años colaborando con SIGRAUTO en el análisis de la posibilidad de emplear dichos residuos, tras una preparación y acondicionamiento adecuados, como combustibles alternativos en los hornos de las plantas cementeras, en sustitución de combustibles fósiles. Esta vía supondría una solución de gestión, a los residuos provenientes de vehículos fuera de uso que actualmente se depositan en vertedero, evitando así la rápida colmatación de los mismos y mejoraría el tratamiento medioambiental de los vehículos fomentando la reutilización, reciclado y valorización de sus residuos tal y como establece la legislación.

Cuando el propietario de un vehículo, decide dar por finalizada la vida útil de su vehículo, tiene la obligación de entregarlo en un Centro Autorizado de Tratamiento (CAT) de vehículos. Los centros autorizados de tratamiento (CAT) son instalaciones que cumplen todos los requisitos que marca la ley para poder dar un tratamiento medioambientalmente correcto a los vehículos al final de su vida útil. En ese mismo momento, el vehículo pasa a ser un residuo peligroso y se inicia el proceso de tratamiento de los vehículos al final de su vida útil.

En el CAT, se llevan a cabo una serie de procesos que podemos resumir en: recepción, verificación, descontaminación, retirada de componentes reutilizables y materiales reciclables y entrega a las plantas de fragmentación. Posteriormente detallaremos en qué consiste cada proceso.

En las plantas de fragmentación, los vehículos (normalmente compactados para facilitar su traslado) son triturados por molinos de martillos hasta un tamaño de entre 20 y 40 cm. para posteriormente separar los metales férricos del resto de materiales, que son enviados a fundición para la elaboración de nuevos materiales. El resto de materiales son sometidos a distintos procesos de segregación (cribados, corrientes de inducción, mesas densimétricas, sistemas ópticos, etc.) en las mismas plantas fragmentadoras o en otras instalaciones denominadas "Plantas de Medios Densos" para obtener por un lado los distintos metales férricos y no férricos (aluminio, cobre, etc.) que son enviados a plantas de fundición y por otro, otras fracciones de materiales no metálicos que se

reciclan o se valorizan energéticamente dependiendo de sus características. En la figura 31 podemos ver el circuito que sigue un vehículo fuera de uso (VFU).



Figura 31 Esquema de los procesos que sigue un VFU. Fuente SIGRAUTO

En el anexo B se explica en detalle cada una de las zonas y etapas del circuito que sigue un VFU en un centro autorizado de tratamiento y en una fragmentadora.

6.2 Recuperación de los VFU's

Los vehículos al final de su vida útil, son uno de los residuos complejos que porcentualmente más se recuperan, alcanzándose en la actualidad, como se verá en los siguientes apartados, aproximadamente el 85,6% de su peso total y superando el **80% de reutilización y reciclado** que exige la normativa vigente.

A pesar de que, lo que actualmente se está recuperando de los vehículos fuera de uso es un porcentaje muy elevado, es necesario conseguir nuevas vías de recuperación para el resto de materiales ya que la normativa vigente exige que

en el año 2015 se alcance el **95% de recuperación**. Las fracciones que todavía no se recuperan son una mezcla compleja de distintos materiales (plásticos, espumas, cauchos, textiles, etc.) y a día de hoy son depositadas en vertedero.

6.2.1 Objetivos de recuperación de VFU's – normativa

La Directiva 2000/53/CE fue transpuesta al derecho interno español a través del Real Decreto 1383/2002, que se publicó en el B.O.E. de 3 de Enero de 2003. Este Real Decreto recoge los objetivos de siguiente tabla 24.

	2006	2015
Reutilización y reciclado	>80%	>85%
Recuperación	>85%	>95%
Vertedero	<15%	<5%

Tabla 25 Objetivos de recuperación fijados en la Directiva 2000/53/CE. Fuente: SIGRAUTO

6.2.2 Componentes que se recuperan en la actualidad

Como ya se ha comentado, actualmente en España se está recuperando aproximadamente el **85,6 %** del peso medio de los vehículos. Este porcentaje se va extrayendo tras el paso de los vehículos al final de su vida útil por las distintas etapas de la cadena de tratamiento y con ello se está:

- **Reutilizando un 4,6%** en peso de los vehículos lo que supone unas 40.000 toneladas anuales.
- **Reciclando un 78,5%** en peso de los vehículos (del que aproximadamente un 73% son los metales tanto férricos como no férricos y el resto son, plásticos, vidrios, parte de los neumáticos, etc.) lo que supone aproximadamente unas 707.000 toneladas anuales.
- **Valorizando energéticamente un 2,5%** que fundamentalmente son parte de los fluidos, de los neumáticos y de las gomas que suponen aproximadamente unas 32.000 toneladas anuales.

A continuación se detalla lo que se recupera de los vehículos en cada una de esas fases:

Durante el proceso de descontaminación, se retiran de los vehículos fuera de uso, todos los líquidos y elementos que confieren la condición de residuo peligroso, es decir, los aceites usados, combustibles, líquidos de frenos, anticongelantes, filtros, baterías, etc. Todos los residuos que se extraen de los vehículos, son almacenados de forma separada para poder después proceder a su entrega a un gestor autorizado.

Los aceites en su mayoría son regenerables o reciclables, aunque también pueden ser valorizados energéticamente. Los filtros de aceite normalmente son prensados, primero para reducir su volumen y segundo para extraer de ellos los restos de aceite lubricante usado, que se gestiona de la forma que se ha señalado. Los materiales restantes son el metal, que puede ser refundido, y el papel, que puede ser valorizado.

Las baterías no reutilizables, una vez extraídas de los vehículos son depositadas en contenedores especiales estancos que evitan que si se rompe su carcasa no se derrame el ácido que contienen. Posteriormente, se trituran, y una vez neutralizado el ácido a través de la adición de una base (normalmente sosa cáustica), se separan el plomo y plástico que son reciclables. El resto de los fluidos de los vehículos se extraen y se reutilizan como es el caso de los combustibles, se reciclan o valorizan dependiendo de su composición. En el caso del líquido refrigerante, mediante tratamientos de destilación, éste puede utilizarse para la producción de nuevos líquidos refrigerantes. Ver figura 32.



Figura 32. Zona de descontaminación en un CAT y equipos automáticos de descontaminación. Fuente SIGRAUTO

Durante esta etapa, también se retiran otros residuos no peligrosos, para su posterior reciclado como por ejemplo: los neumáticos usados no reutilizables, que o bien se trituran para poder extraer de forma separada sus componente principales (caucho, textiles y metales) o bien se emplean como combustible alternativo en hornos industriales los vidrios no reutilizables que a través de

diversos procesos de trituración mecánica se convierten en calcín, que se utiliza para la fabricación de nuevos productos de vidrio y cerámica o los catalizadores de los que tras retirar la carcasa metálica que se envía a fundición, se extraen los metales preciosos que contiene para su recuperación.

Tras la descontaminación de los vehículos fuera de uso, se procede a la evaluación y desmontaje de aquellas piezas y componentes que son susceptibles de ser reutilizadas. Las piezas y componentes, una vez extraídos del vehículo, se almacenan atendiendo a su conservación a la espera de su comercialización. Ver figura 33.



Figura 33. Almacenes de piezas recuperadas. Fuente: SIGRAUTO

Los componentes más reutilizados suelen ser faros, puertas, paragolpes, cuadros de mando, motores y las cajas de cambio. Ver tabla 26.

COMPONENTES DE UN AUTOMÓVIL MÁS REUTILIZABLES			
ALETAS	BOMBAS DE PRESIÓN HIDRAULICA	PARACHOQUES	TUBOS ESCAPE
ALTERNADORES	BRAZOS DE SUSPENSIÓN	REJILLAS	CINTURONES
AMORTIGUADORES	CAMBIOS	DELCOS	LLANTAS
BATERIAS	CAPÓS	ELECTRO VENTILADORES	ESPEJOS
BOBINAS	CARBURADORES	NEUMÁTICOS	MOTORES
BOMBAS INECTORAS	ELEVALUNAS ELÉCTRICOS	COMPRESORES DE AIRE ACONDICIONADO	OPTICAS Y PILOTOS INTERMITENTES

Tabla 26. Componentes de un VFU más reutilizables. Fuente:
agencia de residuos de Cataluña

Las llantas y las carrocerías son recicladas, mediante su envío a las empresas de fragmentación que trituran y separan los metales férricos y no férricos que son posteriormente enviados a fundición. Asimismo, aquellos componentes que finalmente no son destinados a reutilización, se envían también a las empresas de fragmentación que extraen las partes metálicas para enviarlas a fundición.

Tal y como se ha comentado ya en otros apartados, los vehículos fuera de uso una vez descontaminados y desmontados son enviados a las plantas de fragmentación, normalmente compactados para reducir su volumen y optimizar su transporte. Ver figura 34.

Tras la fragmentación de los vehículos compactados y tras someter la mezcla de materiales resultante a diversos procedimientos mecánicos y magnéticos, se separan por un lado los metales férricos o chatarra fragmentada, como la denominan en el sector.

Esta fracción, es cargada en camiones y llevada directamente a la fundición para la elaboración de nuevos aceros. Por otro lado, y ayudados por una serie de procesos de segregación manual y de medios densos, se obtienen los metales no férricos, ya que su valor es mayor que el de los metales férricos. Estos metales no férricos son igualmente cargados en camiones y enviados a las fundiciones correspondientes.



Figura 34. Panorámica de una planta Fragmentadora. Fuente: FER

6.2.3 Componentes que NO se recuperan en la actualidad

Actualmente en España se recupera aproximadamente el 85,6% de peso total de los vehículos y por lo tanto un 14,4% de los mismos no se está recuperando. Este 14,4% está formado por los residuos que se generan tras la fragmentación de los vehículos fuera de uso, una vez que han sido descontaminados y se les han retirado todas aquellas piezas y componentes susceptibles de ser reutilizadas, y suponen alrededor de 121.000 toneladas al año.

Los puntos de generación de los residuos, provenientes de la fragmentación de los vehículos al final de su vida útil, son las plantas fragmentadoras y las plantas de medios densos y su destino actual es el depósito en vertederos controlados ya que por el momento no existe ninguna tecnología capaz de recuperarlos. Concretamente, estamos hablando del residuo ligero de fragmentadora, que está compuesto principalmente por las espumas, textiles y algunos plásticos de los vehículos, así como del residuo pesado de fragmentadora una vez extraídos los metales no férricos que contiene, que está compuesto por gomas, plásticos y otros materiales. Ver figura 35.



Figura 35 Residuo ligero de fragmentadora y residuo pesado de fragmentadora sin metales. Fuente SIGRAUTO

El residuo ligero de fragmentadora, está constituido por la parte ligera procedente de las tapicerías, salpicaderos, guarniciones, juntas, tubos, etc. Durante el proceso de fragmentación, el residuo ligero se extrae normalmente a través de sistemas de aspiración situados antes de los separadores magnéticos. Este residuo está constituido por un conjunto heterogéneo de espumas, textiles, gomas, polietilenos de pequeño tamaño, plásticos acrílicos, etc. La composición es variable y diversa: 40% plásticos y textiles, 30% caucho, 13% vidrio, 15% tierras y 2% metales no férricos. Esto dificulta enormemente su reciclaje. Asimismo, contiene pequeñas cantidades de metales, Fe, Cr, Cu, Mn, Zn y Ni, presentes en concentraciones de partes por millón.

El tamaño de los trozos que salen de la fragmentadora es muy variado, con un tamaño máximo que no excede de unos 15 cm, aunque esto dependerá del diseño del ciclón de la fragmentadora, y una parte más pequeña de alrededor de 1 cm. Ver figura 36.



Figura 36 Salida de Residuo ligero en una fragmentadora y detalle.

Fuente SIGRAUTO

Este residuo es enviado en su mayoría a vertederos convencionales. El depósito en vertedero es la peor solución y la más practicada actualmente, debido no sólo a la difícil logística del residuo, sino también por su composición heterogénea y variable. Aunque sólo representa un 3% del volumen ocupado de vertedero frente a las basuras domésticas, se trata de un residuo conflictivo por lo difícil de su manipulación, su composición y su alto contenido energético.

Se trata de un residuo cuyo reciclado se cuestiona, pues estudios de ecobalances y ciclos de vida, demuestran que con su composición, la valorización es más beneficiosa medioambientalmente que el reciclado mecánico, por el coste ambiental que supone el acondicionamiento y traslado a las plantas de reciclado.

El residuo pesado de fragmentadora sin metales, está constituido principalmente por gomas, plásticos y otros materiales y se genera tras someter a la fracción que se obtiene tras la separación de los materiales ligeros por medio de corrientes de aspiración y de la parte férrica por medios magnéticos, a una serie de procesos en medios densos en los que se separan principalmente los metales no férricos del resto materiales para su reciclaje. Ver figura 37.



Figura 37 Residuo pesado de fragmentadora sin metales y detalle.

Fuente: SIGRAUTO

Gracias a la composición de este residuo su poder calorífico es elevado, y eso unido a su heterogeneidad y a la complejidad de su transporte, hace que la opción medioambientalmente más ventajosa sea la valorización frente al reciclado mecánico. Al igual que el residuo ligero de fragmentadora, a falta de una vía de recuperación que lo evite, actualmente su destino final también es el vertedero.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la Directiva 2000/53/CE establece los objetivos de recuperación de vehículos al final de su vida útil, que se deben alcanzar en cada uno de los Estados miembro de la UE. Gracias a la entrada en vigor de esta normativa y a su trasposición en España a través del Real Decreto 1383/2002, los niveles de recuperación que hasta entonces se venían alcanzando se han visto incrementados.

La principal causa, fue la introducción de la obligación de llevar a cabo la descontaminación de los vehículos antes de someterlos a ninguna otra operación. Hasta esa fecha, sólo alrededor de un centenar de los más de dos mil desguaces que existían en España, realizaba esta operación previa. A partir de ese momento, todos los centros que se autorizaron empezaron a descontaminar los vehículos que entraban en sus instalaciones y a entregar los residuos que generaban a gestores autorizados. Asimismo, y gracias al progresivo aumento de la concienciación medioambiental de toda la sociedad, algunos de los elementos y materiales que antiguamente se desechaban, en la actualidad se recuperan como por ejemplo los catalizadores, los neumáticos, etc. Por eso hay que intentar recuperar antes de triturar y reutilizar.

Gracias a los grandes esfuerzos que han realizado los fabricantes de vehículos diseñando vehículos con materiales más fácilmente reciclables, los centros autorizados de tratamiento al adaptarse en un corto plazo a las duras exigencias impuestas por la nueva normativa así como las empresas de fragmentación al optimizar su producción y adaptarse igualmente a las nuevas normativas, en España actualmente se están cumpliendo los niveles exigidos por la citada Directiva europea en los plazos establecidos.

6.2.4 Propuesta de nuevas vías de recuperación

La solución que se propone a continuación es que, mientras no existan tecnologías que permitan el reciclado o la reutilización de los materiales contenidos en los residuos generados tras la fragmentación de vehículos fuera de uso, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y otros materiales, éstos

se empleen como fuente de energía alternativa en los hornos de las plantas de fabricación de cemento.

El proceso de sinterización del clinker a altas temperaturas, requiere una gran cantidad de combustibles y aporta la posibilidad de valorizar ciertos residuos orgánicos utilizándolos como sustitutos de los combustibles fósiles tradicionales (coque de petróleo, carbón, fuel...).

La sustitución de combustibles fósiles por residuos, supone un tratamiento ecológico y seguro de los residuos, aprovechando al máximo su energía y minerales sin generar impactos añadidos sobre el entorno y ahorrando emisiones de gases de efecto invernadero.

El sector cementero español utilizó en el año 2007 unas 350.000 toneladas de residuos como combustibles alternativos, que supusieron el 6,4% del consumo térmico de los hornos de clinker. En el anexo C se amplía la información acerca de esta propuesta y se explica el proceso de fabricación del clinker/cemento con el uso de residuos.



7 RECICLAJE ACTUAL Y NUEVAS PROPUESTAS PARA ALGUNOS COMPONENTES

Tal y como hemos comentado en puntos anteriores, los aceites o las baterías pueden calificarse como un residuo horizontal, o muy generalizado en los concesionarios, ya que se generan en la gran mayoría de los talleres y los neumáticos ocupan un lugar intermedio. Por eso en este punto se explica cómo se reciclan y cuál es el recorrido que siguen estos residuos desde el taller hasta su recuperación, reciclado o valorización, además de las diferentes aplicaciones que se les da a estos residuos.

A continuación se detalla cual es el proceso de reciclado y que volúmenes se están generando tanto para los aceites como para los neumáticos. Además, se explica cómo está la situación actual de las baterías, con la utilización masiva de baterías de plomo y algunas posibles opciones futuras como las baterías de litio (utilizadas en los coches eléctricos) o las pilas de combustible (hidrógeno).

En el anexo D comentamos cual es el reciclaje actual del resto de materiales que componen un automóvil, clasificados por metálicos (Ferrosos y no ferrosos) y no metálicos (plásticos, vidrio, fibra de vidrio, etc.).

7.1 Aceites

El uso de aceites industriales genera un residuo peligroso del que pueden derivarse graves daños medioambientales si su gestión es inadecuada. Su eliminación por incineración incontrolada o vertido provoca graves problemas de contaminación en aire, agua y suelo.

El aceite es peligroso debido a su toxicidad, su baja biodegradabilidad, su acumulación en los seres vivos, la emisión de gases peligrosos y su degradación química. Se estima que un litro de aceite usado es capaz de contaminar 1000 m³ de agua y la incineración inadecuada de tan solo 5 litros provocaría la contaminación del volumen de aire que respira una persona durante 3 años.

Los aceites del automóvil, tienen una gran incidencia ambiental y por lo tanto su correcta gestión está regulada. El 2 de junio de 2006 se aprobó el Real Decreto 679/2006, que establece que los fabricantes de aceites lubricantes industriales garanticen y financien la recogida y la correcta gestión de los aceites usados que se generan a partir de los lubricantes puestos en el mercado.

Como consecuencia de este Real Decreto, la mayoría de fabricantes decidieron crear un Sistema Integrado de gestión de Aceites Usados, SIGAUS a partir de ahora. El objetivo de esta nueva entidad es la de cumplir con la nueva normativa.

Los fabricantes financian la recogida y gestión del aceite usado, mediante la aportación de 0,06 € por cada kilo de aceite industrial que ponen en el mercado español. Este precio es trasladado al cliente final en la factura por la compra del aceite.

7.1.1 El proceso de reciclaje del aceite usado

Hemos visto en puntos anteriores como el aceite está presente en un automóvil y en qué puntos nos aparece en forma de residuo (en los talleres mecánicos durante su sustitución y en la reparación de algunos componentes y en los CAT al extraer los líquidos del vehículo). Ahora vamos a ver que se hace con estos aceites y que gestión realiza el recogedor autorizado (SIGAUS) que gestiono en el 2008 un 88,49% de los aceites usados recogidos.

Los aceites deben ser recogidos de una forma segura tanto en los CAT como en los talleres y ser almacenados de forma adecuada y en recipientes adecuados, bien cerrados evitando así derrames y con las correspondientes etiquetas para evitar confusiones. Ver figura 38.



Figura 38 Bidones de recogida de aceites usados debidamente etiquetados. Fuente: SIGAUS

El siguiente paso es una vez acumulada una cantidad determinada de residuo, llamar a un recogedor autorizado para que este proceda a la retirada y el transporte del aceite de una manera adecuada. Este gestor lo trasladara a un centro de almacenamiento donde se procede a su análisis, clasificación y filtración para determinar su siguiente destino. Ver figura 39.



Figura 39 Traslado al centro de almacenamiento. Fuente: SIGAUS

Después el aceite adecuado es trasladado a un centro de valoración donde mediante procesos fisicoquímicos se acondiciona el aceite para permitir tratamientos o usos posteriores. Ver figura 40.

Estos usos pueden ser:

- **Regeneración:** Se obtiene una base que puede convertirse de nuevo en aceite lubricante.
- **Reciclado:** Los aceites usados que no han podido ser regenerados serán utilizados para la producción de otros materiales como asfalto, pinturas, barnices, arcillas expandidas, etc.
- **Valorización energética:** Si el aceite usado tiene unas características que impiden su regeneración o reciclado se pueden utilizar como combustible para obtener energía.

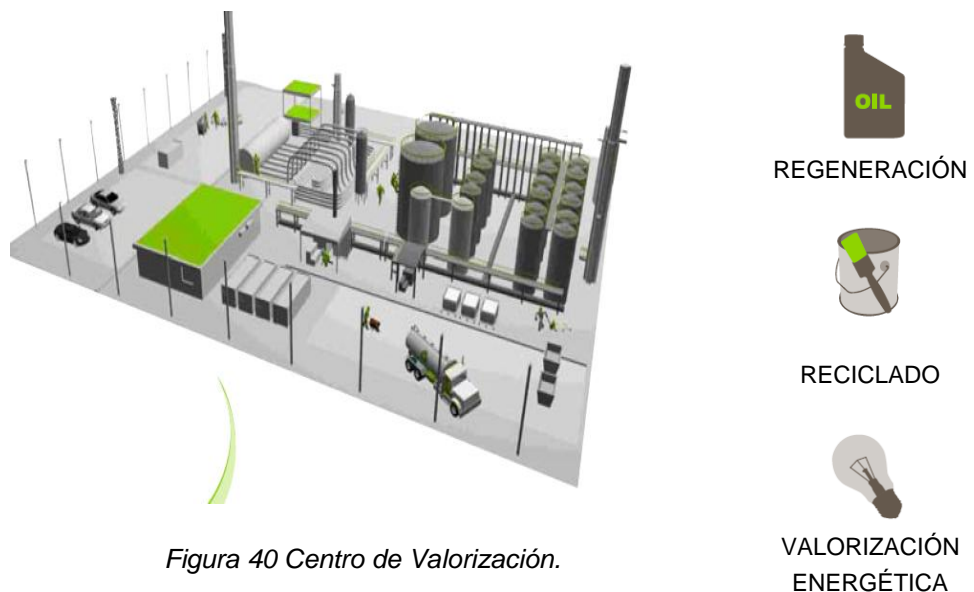


Figura 40 Centro de Valorización.

Fuente: SIGAUS

7.1.2 Volúmenes de reciclado del aceite industrial.

Según fuentes de SIGAUS, en España durante el año 2008 se pusieron en el mercado 373.461.133 Kg de aceite industrial y el gestor SIGAUS recogió 180.070.281 Kg por lo tanto la tasa de generación de aceite usado es del 48,22% durante este periodo. Ver figura 41.

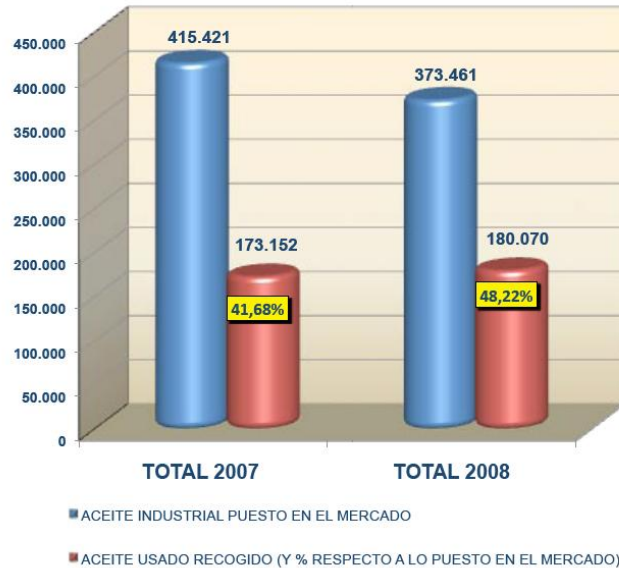


Figura 41 Evolución 2007-2008 del aceite industrial puesto en el mercado y el aceite usado recogido en España (toneladas). Fuente SIGAUS

Con todo este aceite recogido se han realizado los diferentes tratamientos que han permitido las siguientes cifras de la tabla 27:

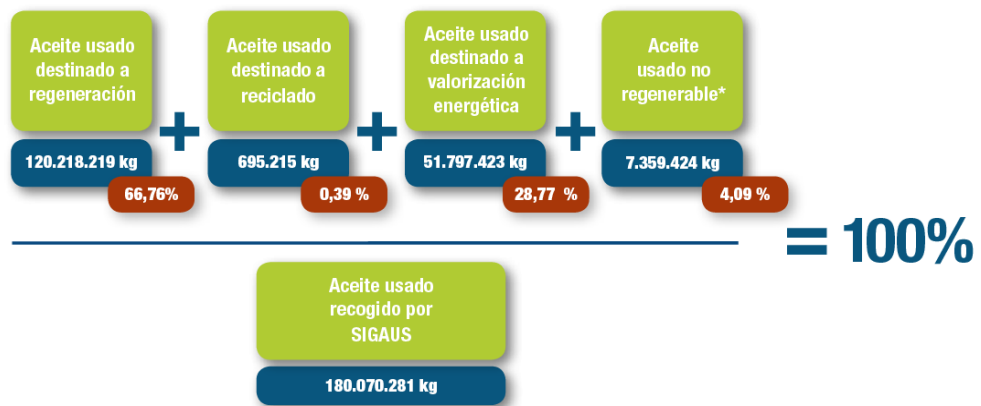
Total aceites recogidos	180.070.281 Kg
Aceite usado recogido regenerado	120.218.219 Kg
Aceite usado recogido reciclado	695.215 Kg
Aceite usado recogido valorizado energéticamente	51.797.423 Kg
Aceites usados no regenerables valorizados energéticamente	7.359.424 Kg
Aceites usados regenerables TOTAL	172.710.857 Kg

Tabla 27 Usos de los aceites recogidos por el gestor de recogida.

Fuente: SIGAUS

Así pues veamos que se cumplen en la actualidad los objetivos del RD 679/2006:

- Uno de los objetivos es la recuperación del 95% de los aceites usados generados. (art.8 RD 679/2006). Recordemos que la tasa de generación de aceite usado en este periodo ha sido del 48,22% por lo tanto se confirma la consecución del objetivo dado que el ratio de generación de aceite usado es superior al 40% utilizado por el Ministerio de Media Ambiente en sus informes Medio ambiente en España.
- El objetivo siguiente es la valorización del 100% de los aceites usados recuperados (art.8 RD 679/2006). Tal y como vemos en la figura 42.



* Los aceites usados no regenerables se han destinado en todo caso a tratamiento para su posterior valorización energética.

Figura 42 Cumplimiento del objetivo de valorización 100% aceite recuperado. Fuente SIGAUS

- El otro objetivo es la regeneración del 65% de los aceites usados recuperados (art.8 RD 679/2006). El aceite usado regenerado representa un 69,61% si tenemos en cuenta que son 120.218.219 Kg de aceite usado recogido regenerable por lo tanto objetivo alcanzado en la actualidad.

A modo de resumen podemos decir que en el 2008 un 66,76% del aceite usado recogido en España se a regenerado, un 0,39% se ha reciclado, un 28,77 se ha valorizado energéticamente y un 4,09% corresponde a los usados no regenerables que únicamente se pueden valorizar energéticamente. Ver figura 43.

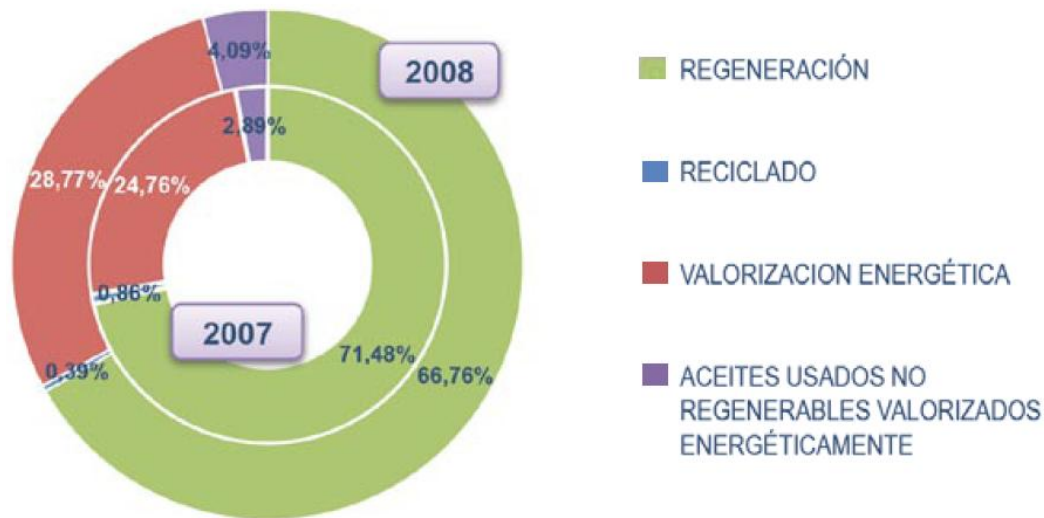


Figura 43. Evolución 2007-2008 del tratamiento del aceite usado recogido en España. Fuente: SIGAUS

De todo el aceite industrial que se vende en España, un 10% corresponde a importaciones y a comercio intracomunitario. Dentro del aceite industrial de fabricación nacional, un 51,3% corresponde a aceites utilizados en el sector de la automoción y en cuanto a los importados, la cifra asciende a un 63,7%. Esto implica que más de la mitad de estos aceites industriales son residuos generados por los automóviles durante su ciclo de vida y al final de ésta. Ver figura 44.

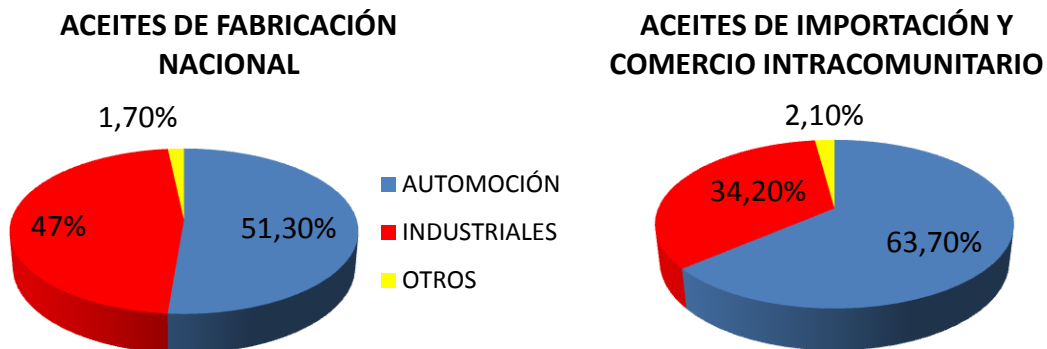


Figura 44. Tipología de usos de los aceites industriales vendidos en España. Fuente SIGAUS

7.2 Neumáticos (NFU's)

A pesar de no ser un residuo peligroso, los neumáticos fuera de uso, conocidos por el acrónimo NFU, tienen características que requieren un especial grado de organización y profesionalidad para su correcta gestión medioambiental. Su eliminación mediante el depósito en vertedero está prohibida, para los enteros desde julio de 2003 y para los troceados desde julio de 2006; todo ello a tenor de lo establecido en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, mediante el que se regula la mencionada actividad de eliminación de residuos. Se trata además de un residuo cuyos materiales son combustibles y que, cuando se origina un incendio, éste tiene una gran tenacidad o dificultad de extinción originando, en tales circunstancias, una importante contaminación ambiental; su acumulación sin control, además, es capaz de proporcionar refugio a los "vectores biológicos" (roedores, insectos, etc.) con las desfavorables consecuencias para la salud.

Por ello, y con el soporte de la Ley 10/1998, de Residuos, de 10 de abril, el 30 de diciembre de 2005 se aprobó el Real Decreto 1619/2005, sobre la gestión de neumáticos fuera de uso, mediante el que se establecen disposiciones específicas que regulan la producción y gestión de éstos.

Uno de los elementos fundamentales que, tal como se determina en la normativa de la gestión ambiental de todos los residuos, se recoge en él, es el "principio de responsabilidad del productor", en virtud del cual los productores de neumáticos, es decir, los fabricantes, importadores o agentes que adquieran neumáticos en otros países de la Unión Europea y que los pongan en el mercado nacional de reposición, tienen la obligación de realizar la gestión de los mismos cuando, tras su uso, se conviertan en residuos.

Para facilitar esa gestión, en éste último Real Decreto se determina que los mencionados productores deberán cumplir sus obligaciones llevándola a cabo directamente ellos mismos, o entregándolos a gestores autorizados a tal fin o participando en un sistema integrado de gestión (SIG).

Cualquier SIG debe de tener ámbito nacional, para de este modo poder asegurar la recogida de NFU en todos los talleres de España que lo soliciten. La importancia de cumplir con este principio, reside en el hecho de que cuando un productor pone en el mercado un neumático no puede predecir dónde se generará el NFU y por ello debe de poder recoger en cualquier punto por muy remoto que éste sea.

Actualmente en España hay dos SIG, SIGNUS Ecovalor que nace de la iniciativa de los principales fabricantes de neumáticos y el Sistema Integrado de Gestión TNU, S.L. que la Asociación Nacional de Importadores de Neumáticos (ASINME) constituyó a fin de gestionar los NFU resultantes de la utilización de los neumáticos puestos por sus empresas asociadas, en el mercado nacional de reposición.

En cuanto a la legislación vigente, la correcta gestión de los neumáticos fuera de uso generados se enmarca en la regulación del Real Decreto 1619/2005, en el que participaron los principales fabricantes de neumáticos junto a distribuidores, gestores y otros sectores con el fin de garantizar la correcta gestión de los neumáticos fuera de uso.

Este Real Decreto se enmarca dentro de lo establecido por la Ley 10/98 de Residuos y el Plan Nacional Integral de Residuos (PNIR) 2008-2015, aprobado en Consejo de Ministros a finales de diciembre de 2008. En el ámbito internacional, en el mes de diciembre entró en vigor la nueva Directiva Europea sobre Residuos, con la que se impulsará la reutilización y el reciclado de residuos.

SIGNUS agrupa a empresas que representan el 90% del mercado de neumáticos nuevos de reposición y por tanto la cogeremos como referencia para evaluar la situación actual del sector del reciclado de NFU's en España.

7.2.1 El proceso de reciclaje de los neumáticos

Los Neumáticos usados, se generan principalmente en los talleres y en los VFU que son dados de baja. A continuación se detalla el proceso a seguir para realizar el tratamiento de los NFU's.

El primer paso es la recogida de los neumáticos usados en los talleres, esto se realiza mediante una llamada al SIG que tienen concertado, que vendrá a recogerlos y los transportara para su selección y posterior reciclado.

Estos neumáticos recogidos pasan una inspección y solo los aptos son seleccionados para la elaboración de neumáticos renovados, el resto se convierte en energía, pistas de atletismo, aislante para viviendas, acero, losetas de seguridad, etc.

De estos neumáticos seleccionados, los aptos se renuevan cambiándoles la banda de rodadura y obteniendo un neumático para un nuevo uso y que cumple con las normativas más exigentes de calidad y seguridad.

Los neumáticos no aptos sin ser troceados, tienen diferentes aplicaciones en obra civil, como relleno de terraplenes, taludes, etc.

Los otros neumáticos son troceados y separados en sus partes principales, caucho, acero y fibra textil. Para el caucho existen hoy en día varias aplicaciones que se detallan más adelante (pistas de deporte, césped artificial, losetas seguridad...), el acero sirve para fabricar más acero y la fibra textil es la más difícil de reciclar.

El resto de neumáticos troceados es un excelente combustible para cementeras y acerías ya que posee un gran poder calorífico y un nivel de contaminación inferior a otros combustibles fósiles ya que contiene un 25% de biomasa en su caucho natural. Ver figura 45.



Figura 45. Circuito que realiza un NFU. Fuente: SIGNUS

7.2.1.1 Destino de los neumáticos fuera de uso: Reutilización

Un neumático nuevo utiliza aproximadamente 35 litros de petróleo, reciclándolo sólo 5,5 litros. Sometidas a un estricto control de calidad, se les cambia integralmente la banda de rodadura y se vuelven a utilizar con todas las garantías de seguridad. Tienen la misma certificación del Ministerio de Industria que un neumático nuevo, la E9. Ver figura 46.



Figura 46. Diferencia de consumo de petróleo entre un neumático renovado y uno nuevo/ahorro emisiones de CO2.. Fuente: TNU

Proceso de renovado o recauchutado:

El renovado o recauchutado del neumático, es un proceso mediante el cual se vuelve a utilizar un neumático gastado, sustituyéndole la banda de rodadura, duplicando así la vida útil del neumático. Los neumáticos renovados ofrecen el mismo potencial kilométrico y la misma seguridad que unos neumáticos convencionales, además están certificados con la norma E9 por el Ministerio de Industria, la misma que la de un neumático convencional.

Hay dos técnicas diferentes de producción de un neumático renovado: en caliente y en frío. Ambas se asemejan al proceso de fabricación de un neumático nuevo, ya que consisten en “pegar” una banda de rodadura nueva aplicando calor y presión durante un tiempo predeterminado. El proceso de renovado, ya sea en caliente o en frío, se divide en los siguientes pasos:

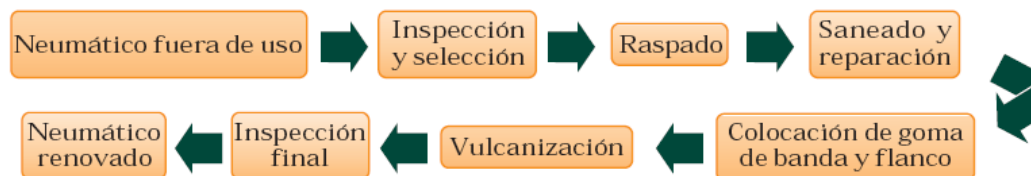


Figura 47 Proceso de renovado de un neumático. Fuente. TNU

1- Inspección de carcasas: El objetivo de esta inspección es el de seleccionar carcasas para renovar que estén libres de defectos y daños irreparables que no puedan soportar otro ciclo de vida como neumático. La inspección de carcasas se divide a su vez en cuatro procesos:

- a. Inspección externa: Se revisa la rueda para ver que tipo de desperfectos presenta en la carcasa.
- b. Inspección interna: Se revisa por la cara interior en busca de revestimiento flojo o poroso, tapones, agujeros, pinchazos, etc.
- c. Prueba de presión de inflado: Se introduce el neumático en la máquina de presión para comprobar que resiste la presión de servicio durante más de un minuto.
- d. Control de shearografía: Es el último de los controles, mediante un ensayo no destructivo se introduce el neumático en una cabina despresurizadora donde se lanzan ultrasonidos para detectar la separación entre capas. Las fotografías de este ensayo son guardadas para comprobar que la rueda estaba en perfecto estado ante posibles reclamaciones futuras.

2- Raspado: Se elimina el suficiente caucho de la superficie de la carcasa, dejando una textura adecuada para el agarre y dando la forma correcta para el diseño de la banda de rodadura que se va a colocar.

3- Saneado y reparación: Este proceso de saneado se realiza con una máquina manual, en el punto exacto donde se aprecia un desperfecto. Se debe eliminar cualquier rastro de óxido en esta capa.

4- Colocación de la banda de rodadura: Se adhiere la banda de rodadura ya vulcanizada con la carcasa que también está vulcanizada mediante la goma de unión, que es una capa de unos 2 mm de grosor de alta adherencia.

5- Vulcanización en caliente: Su elaboración es similar al de un neumático nuevo. Es un proceso de curación en molde de círculo cerrado. El molde está compuesto por un aro de aluminio segmentado en seis piezas, para marcar el dibujo de la banda de rodadura, junto a dos platos, uno para cada flanco, que marcarán los datos del costado.

6- Inspección final: Eliminamos las rebabas, vientos y sobrantes de goma del proceso de vulcanizado. Finalmente, tras revisar que el neumático recauchutado

no tiene ningún defecto, se pintan los talones y se da por finalizado el proceso enviándolo al almacén para su posterior distribución y uso.

7.2.1.2 Destino de los neumáticos fuera de uso: Valorización energética

No todos los neumáticos se pueden reciclar ni recauchutar, algunos se utilizan como combustible para hornos de cemento, lo que supone un ahorro energético considerable. La valorización energética es una de las posibilidades que actualmente se utiliza para reducir la cantidad de neumáticos usados y al mismo tiempo limitar el consumo de combustibles fósiles luchando contra el cambio climático y el calentamiento global.

El alto poder calorífico (7.500 Kcal/kg), superior al del carbón, le convierte en un buen combustible para instalaciones industriales de grandes consumos energéticos como la industria cementera. La utilización del neumático fuera de uso como combustible aprovecha la energía térmica que produce la combustión de sus componentes, derivados del petróleo gran parte de ellos. Además de energía, en este proceso en concreto se aporta hierro para la composición del clinker. El NFU utilizado puede ser triturado o entero dependiendo del tipo de instalación.

La composición del NFU resulta ser muy ventajosa, tanto para la industria cementera como para el medio ambiente por las siguientes razones:

- Bajo contenido de humedad respecto a otro tipo de combustibles, por lo que no es necesario un sistema de secado previo a la entrada del horno.
- Contenido en azufre bajo, lo que supone una reducción de las emisiones de SO_n respecto a los combustibles convencionales.
- Disminución de las emisiones de CO_2 computables debido al origen renovable del contenido de caucho natural del neumático.



Figura 48 Industria cementera. Fuente SIGNUS

7.2.1.3 Destino de los neumáticos fuera de uso: Valorización material

La valorización, es cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general. Cualquier actividad que, dentro del marco legal implique el aprovechamiento de estos recursos, supone una valorización, ya sea utilizando el neumático entero después de un proceso de trituración o granulación en el que se separan los tres principales componentes del mismo:

- Caucho: caracterizado por sus excelentes propiedades mecánicas de tracción, flexión y compresión.
- Metal: se trata de un acero de muy buena calidad y grandes prestaciones. Este material se recicla en empresas siderúrgicas.
- Fibra: material de gran poder calorífico y con buenas propiedades de aislamiento acústico y térmico

De cara a obtener el máximo aprovechamiento del neumático y sus materiales es preciso conocer algunas de sus principales propiedades en cualquiera de sus formas, ya sea entero, triturado o granulado, tales como:

- Capacidad de absorción de vibraciones
- Gran capacidad de drenaje
- Peso reducido
- Elevada resistencia al corte
- Alta resistencia a agentes climatológicos
- Flexibilidad
- Alto poder calorífico

Gracias a estas propiedades, en la actualidad existe un abanico amplio de vías de valorización de los neumáticos recogidos en toda la geografía española, que podrían estar agrupadas en tres bloques distintos de salidas. Valorización material de los materiales del neumático después de un oportuno proceso de separación de los mismos, comúnmente conocido por granulación, valorización material del neumático sin separación de los materiales, empleado en usos de obra civil y finalmente el aprovechamiento del poder calorífico del neumático a través de su uso como combustibles de sustitución en procesos industriales, conocido como valorización energética.

Aplicaciones:

- *Rellenos y bases de campos de césped artificial*

La utilización de granulado de Neumáticos Fuera de Uso (NFU) en campos de césped artificial, presenta ventajas como la reducción en el consumo de agua, así como la simplicidad de mantenimiento del mismo debido a la durabilidad y resistencia climática del granulado.



Figura 49 Césped artificial realizado con granulado de NFU. Fuente: SIGNUS

La aplicación, consiste en el empleo de granulado de caucho libre de acero y textil. Su granulometría dependerá de las características técnicas del césped artificial.

- *Suelos de seguridad en parques infantiles*

La utilización de granulado de NFU en los suelos de parques infantiles o zonas de juego, resulta ser una aplicación muy interesante ya que evita graves lesiones de los más pequeños y da seguridad a los más mayores. En su elaboración se utiliza una mayoría de granulado junto con aglomerantes y pinturas especiales que hacen que sean zonas de juego con gran atractivo. El granulado de NFU empleado está libre de acero y textil.



Figura 50 Suelo de seguridad elaborado con granulado de neumáticos. Fuente: SIGNUS

- *Aplicación ornamental*

En jardines o rotondas, podemos encontrar material procedente del neumático. El producto empleado se trata de un triturado muy fino de tamaño entre 12-25

mm, al que se ha sometido a un proceso de pigmentación especial. En esta aplicación además de su fin ornamental, se reduce el consumo de agua de riego.



Figura 51 Neumáticos usados en jardines. Fuente: SIGNUS

- *Macetero y soporte de plantas macrofitas*

El neumático usado entero se puede utilizar como base o estructura sumergida en balsas de implantación, para sujetar el sistema Filtros de Macrofitas en Flotación (FMF), sistema desarrollado por Macrofitas S.L.. Por un lado, actúa como macetero relleno de árido, y por el otro canaliza los flujos de corriente de agua. Se trata de neumáticos de turismo con una medida homogénea.



Figura 52 Estructura sumergida realizada con neumáticos. Fuente: SIGNUS

- *Impermeabilizantes*

Debido a la baja conductividad térmica que presenta el neumático fuera de uso, el polvo de NFU se incorpora en la fabricación de materiales impermeabilizantes. Los tamaños que se utilizan se encuentran por debajo de 1 mm.

- *Suelas de calzados*

La fabricación de suelas de calzado se lleva utilizando desde hace mucho tiempo, y no es más que una evolución del calzado tradicional en algunas zonas rurales.

- *Pantallas acústicas*

La gran capacidad de absorción de vibraciones del granulado de NFU, hace que se utilice como láminas de aislamiento acústico. Los tamaños más utilizados están entre 2-4 mm.

- *Barreras de protección en circuitos de velocidad*

El neumático presenta una gran capacidad de absorción de energía, además de gran resistencia a la intemperie. Es por ello, que su utilización en la construcción de barreras de protección de barcos y muelles y en muros de protección en circuitos automovilísticos sea una realidad.

Los neumáticos utilizados, tienen que ser seleccionados previamente antes de su colocación y montaje de la barrera, para así dar cumplimiento a la normativa establecida por la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) en su reglamento de Guidelines issue (6.3/artículo 5.2.4).



Figura 53 Neumáticos utilizados como barrera de circuitos. Fuente:

SIGNUS

- *Polvo de NFU en carreteras*

La reducción del ruido, la mejora de la adherencia del vehículo, el aumento de la resistencia al agrietamiento, la prolongación de la vida útil y el bajo mantenimiento que supone, son algunas de las numerosas ventajas que presenta la utilización de polvo de NFU en mezclas bituminosas para la construcción de carreteras, además de contribuir con el medio ambiente valorizando el neumático fuera de uso.



Figura 54 Carretera que contiene polvo de NFU que mejora sus cualidades. Fuente: SIGNUS

Existen dos métodos de incorporación del polvo de caucho en las mezclas asfálticas:

- VÍA SECA: consiste en la incorporación del polvo de caucho junto con los áridos antes de mezclarlo con el betún, modificando las propiedades reológicas de la mezcla.
- VÍA HÚMEDA: consiste en la mezcla de polvo de caucho con un betún de penetración para obtener un ligante modificado o mejorado con caucho. En este caso, existen varias alternativas dependiendo de la cantidad de polvo de caucho empleada.

Tanto el contenido de polvo de NFU como su granulometría, dependen del tipo de vía que se utilice. Normalmente se recomienda el empleo de granulado por debajo de 1 mm.

- *Aplicaciones en obra civil*

El material procedente de NFU destinado a aplicaciones de obra civil, previamente ha sido seleccionado y controlada su calidad para así cumplir con las especificaciones en cuanto a distribución granulométrica y contenido en acero expuesto marcadas por la norma ASTM 6270-98.

Relleno de terraplenes:

Se utilizan infraestructuras de triturado de NFU, para la ejecución de obras como relleno ligero en terraplenes.



Figura 55 Restos de neumáticos usados como relleno de terraplenes.

Fuente SIGNUS

Capas de drenaje:

El triturado de NFU es un buen material drenante, debido a la alta conductividad hidráulica que presenta. En los vertederos se puede utilizar en las siguientes capas estructurales.

- De recogida de lixiviados.
- De recogida de aguas superficiales.
- De recogida de biogás: en donde además de tener la función de material drenante, absorbe los empujes del propio residuo dentro del vertedero, evitando fracturas en el tubo de evacuación del biogás.

Depósitos de almacenamiento de aguas:



Figura 56 Deposito de almacenamiento de agua realizado con NFU.

Fuente: SIGNUS

SIGNUS Ecovalor S.L. con la colaboración de la Universidad Politécnica de Cataluña, ha realizado un estudio y ejecutará la construcción de una balsa de retención de aguas utilizando neumáticos fuera de uso. Esto permite almacenar una gran cantidad de agua, aprovechando la superficie superior para otros usos, con costes de instalación inferiores a los incurridos con otros materiales.

- *Muros*

La gran resistencia que presenta el neumático entero frente a factores climatológicos, hace que se utilicen en la construcción de barreras o muros. Presenta ventajas, como su facilidad de apilamiento, además de permitir el crecimiento de vegetación sobre los mismos integrándolo en el entorno. Dependiendo del fin podemos encontrarlos como:

- Pantallas Acústicas: La capacidad de absorción de vibraciones hace que el neumático entero se utilicen como barreras o pantallas acústicas.
- Taludes: La utilización de neumático entero en la construcción de taludes es sencilla ya que se adapta al terreno. Además debido a su capacidad drenante evita desprendimientos de tierras.



Figura 57 Muro creado con NFU. Fuente: SIGNUS

7.2.1.4 Futuras aplicaciones

- *Utilización como agregados en hormigones en masa:*

Signus Ecovalor en colaboración con otros organismos y entidades, está trabajando en el desarrollo del estudio y aplicación de la utilización de materiales procedentes de NFU como agregados en hormigones en masa.

Las ventajas que se prevén obtener son:

- Reducción del peso
- Reducción del agrietamiento por retracción
- Aumento de las propiedades de resistencia al impacto
- Mejora de la ductilidad
- Mejora de la tenacidad

- *Nueva fuente de energía:*

Existen otras tecnologías como la termólisis que se encuentra en vías de investigación y desarrollo. Los productos obtenidos en este tipo de procesos,

pueden tener un gran valor añadido. En el caso del aceite, se puede utilizar como combustible alternativo, mientras que el negro de carbono se destina a aplicaciones de menores exigencias técnicas que las convencionales.

- *Pinturas:*

La utilización de granulado de NFU en pinturas, resulta atractiva por las ventajas que presenta como aislamiento acústico entre otras.

- *Elementos de seguridad:*

Son numerosos los proyectos en desarrollo, encaminados a la construcción de elementos de seguridad en carreteras, elaborados con granulado de caucho.

7.2.2 Volumen de reciclado de los neumáticos. NFU

Durante el año 2008, el volumen de primera puesta en el mercado de reposición de los productores adheridos a SIGNUS fue de 182.070 toneladas (16.902.759 unidades), en cambio se recogieron 198.347 toneladas debido a que existe una parte de los neumáticos que son importados y no cumplen las obligaciones legales de declararlos. Además, la empresa disponía de un stock de NFU's pendientes de reciclar del año anterior, cosa que ha permitido que se gestionen en total 230.407 toneladas de neumáticos en el 2008.

El Otro SIG, TNU, declara que sus socios han puesto 40.182,55 toneladas en el mercado y que ellos han gestionado 52.658,72 toneladas. Esto nos da una cifra de más de 280.000 toneladas recogidas por los SIG en 2008.

De estos neumáticos, unas 108.184 toneladas se han utilizado como grana de caucho y reciclado del acero, 75.190 toneladas para la fabricación de cemento, 18.804 t se han utilizado en obra civil, 3.255 t para la generación de electricidad y 5.903 t para otros usos. Ver figura 58.

Estas cifras nos indican que, un 58% de los neumáticos se han usado para valorización material, un 34% para valorización energética y un 8% se han reutilizado. Ver figura 59.

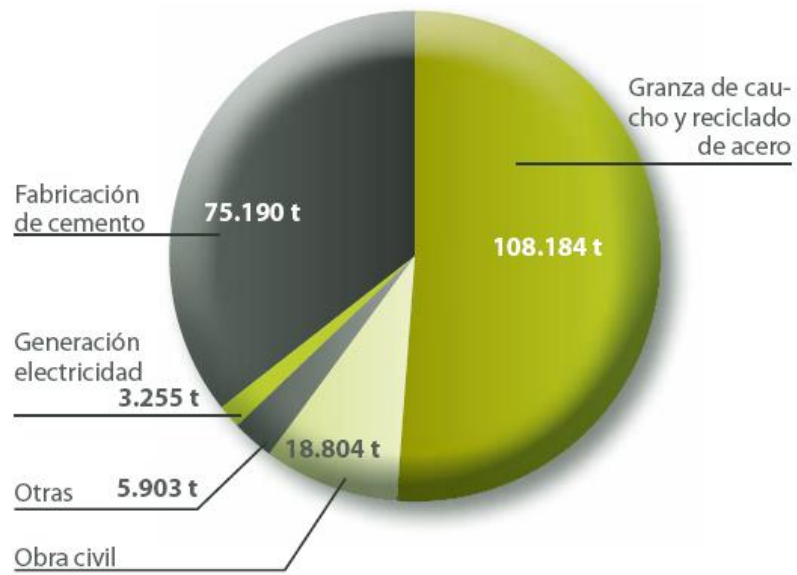


Figura 58 Reciclado y valorización neumáticos 2008. Fuente: SIGNUS

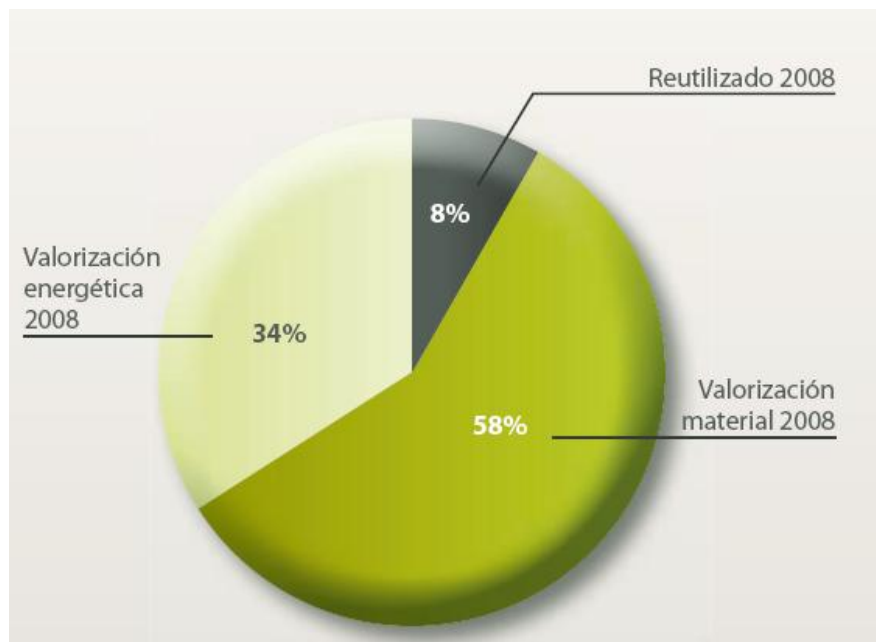


Figura 59 Total NFU gestionado 2008:(230.407 t). Fuente: SIGNUS

Todos estos procesos de recogida, catalogación y tratamiento realizados por los SIG tienen un coste que varía en función del tipo de neumático. El más común es el del tipo BT que es el utilizado en los turismos. Por cada neumático de un turismo, el servicio cuesta 1,50 € aproximadamente. Ver tabla 28.























CAT.	DESCRIPCIÓN		SIGNUS	
			EUROS UNIDAD	EUROS UNIDAD
AT	• MOTO, SCOOTER Y DERIVADOS 		0,95	1,01
BT	• TURISMO 		1,44	1,57
CT	• CAMIONETA • 4X4 TODO TERRENO  • NEUMÁTICOS DE MANUTENCIÓN Pequeño ≤ 12" y macizo ≤ 12" incluidos bandajes Agrícola ≤ 16" o ≤ 21" si ancho ≤ 7,5"  		2,88	3,27
DT	• CAMIÓN  • AGRÍCOLA >16" y ≤ 21"  • OBRA PÚBLICA ≤ 16,5"  • N. MANUTENCIÓN LIGERA > 12" y ≤ 15" 		9,13	10,62
ET	• AGRÍCOLA >21" y ≤ 30" + Estrechos(*)  • OBRA PÚBLICA >16,5" y ≤ 24" (*)  • MANUTENCIÓN >15" y ≤ 24" y macizo de 15" 		16,53	19,5
FT	• AGRÍCOLA >30" y ≤ 38" (*)  • OBRA PÚBLICA 25" y ancho ≤ 17,5-25" (*)  Macizo >15" y ≤ 24" 		29,35	34,8
OT	• NEUMÁTICOS RENOVADOS PRODUCCIÓN NACIONAL      		0	0

Tabla 28 Tabla comparativa de precios/neumático tratado en un SIG.

Fuente: TNU y SIGNUS

7.3 Baterías

7.3.1 Situación actual

La batería de plomo es desde hace más de un siglo, el sistema establecido para almacenar y suministrar la energía eléctrica que consumen los automóviles. Por otro lado, el espectacular crecimiento que el parque automovilístico mundial está protagonizando en los últimos años, está propiciando que la generación de vehículos fuera de uso y de todos los residuos vinculados a éstos, aumente también considerablemente. La batería de plomo es uno de los residuos catalogados como especiales, que acompañan irremediabilmente a un vehículo fuera de uso.

Las aplicaciones y características de las baterías de plomo para la automoción (SLI Batteries) son: suministrar la energía necesaria a los sistemas de arranque e ignición, vinculados al encendido del motor; alimentar al resto de equipos que consumen energía eléctrica (alumbrado, accesorios...) y recoger la energía eléctrica producida por el generador, en los automóviles convencionales, pero en la actualidad aunque el parque de vehículos utiliza en su gran mayoría baterías de plomo, todo apunta a que en un futuro no muy lejano el coche eléctrico

comenzará a aumentar sus ventas de forma exponencial (Toyota, que es el máximo productor mundial aumentó la producción de su vehículo híbrido más vendido, el PRIUS, pasando de 280.000 unidades en 2007 a 480.000 unidades en 2009).

No hay duda, de que la clave del futuro del vehículo eléctrico es la batería recargable, a la que se ha dedicado un esfuerzo muy pequeño de investigación, en relación con otras tecnologías: la capacidad de almacenamiento se ha duplicado cada diez años, cifra que palidece ante el desarrollo de la informática u otras tecnologías. Sólo en los últimos años, con el desarrollo de la telefonía móvil, se ha empezado a realizar inversiones importantes, aceleradas con la prevista generalización del automóvil eléctrico a partir de 2012.

En los próximos años, convivirán vehículos con motor de explosión mejorado, capaz de reducir el consumo de combustible y las emisiones de CO₂; vehículos híbridos, convencionales y enchufables, que combinan el motor convencional con uno eléctrico; y vehículos eléctricos puros que, de contar con incentivos fiscales para promocionar su compra, pretenden competir en precio y prestaciones con modelos de gasolina, diesel e híbridos.

El vehículo híbrido, así como su evolución, el híbrido enchufable (que, a diferencia de los modelos comercializados hasta ahora, incluye toma de corriente para que el usuario elija cómo y cuándo recargarlo, en lugar de depender de la tecnología de auto-recarga del vehículo), son considerados modelos de transición.

El coche eléctrico es la alternativa para gobiernos como el estadounidense y el chino; para marcas tradicionales como General Motors, Renault-Nissan, Ford, Daimler o Mitsubishi; y para compañías recién llegadas como la china BYD o la californiana Tesla Motors.

Varios modelos eléctricos llegarán a los concesionarios en los próximos años, incluyendo las berlinas eléctricas de GM-Opel, BYD, Tesla Motors y Renault; así como modelos compactos y ultra-compactos de Renault-Nissan (Carlos Ghosn, consejero delegado y presidente de ambas firmas, cree que el 10% de los coches fabricados en 2020 serán eléctricos), Mitsubishi, Fiat y Daimler (Smart).

Según las conclusiones de una encuesta realizada por Institute for Business Value de IBM a 125 ejecutivos de la industria del automóvil pertenecientes a 15 países, en el 2020 todos los coches nuevos que salgan al mercado serán híbridos o eléctricos.

Un vehículo híbrido-eléctrico es aquel que utiliza al menos dos fuentes de energía distintas que tendrán como función alimentar el tren de propulsión. Una de las fuentes será siempre la electricidad, la otra puede ser gasolina, gasóleo, gas natural, etc.

En la actualidad hay diferentes tipos de sistemas híbridos (ver figura 66):

El sistema en serie, es con el motor térmico NO UNIDO a las ruedas (Híbrido SERIE) y funciona igual que un vehículo eléctrico puro. Ahora bien, la electricidad que consume puede proceder de la red (a través de un enchufe como en un eléctrico) y/o también de la generada por un motor térmico conectado a un generador.

Este motor térmico puede diseñarse para funcionar en régimen de giro constante optimizado para reducir consumo. Pueden funcionar como eléctrico 100%, con cero emisiones mientras no conecte el motor térmico. Pero, su capacidad de marcha la proporciona sólo el motor eléctrico por lo que precisa una gran batería para alcanzar prestaciones suficientes. No hay ningún modelo actual a la venta y su desarrollo se espera comience en unos años cuando aparezcan las nuevas baterías de ión-Litio.

Otro sistema es con el motor térmico UNIDO a las ruedas (Híbrido MILD-PARALELO). Son vehículos convencionales de motor térmico con caja de cambios, a los que se añade la asistencia de un motor eléctrico de poca potencia, hasta un 10% de la del térmico (por eso "MILD" = medio). Permiten aprovechar la potencia del térmico y el eléctrico a la vez, consiguiendo mejorar las prestaciones. Además, permiten ahorrar combustible en las paradas (hacen función stop & start) y son capaces de cargar energía en la batería durante las frenadas, si bien poca debido al pequeño tamaño del motor eléctrico. El motor térmico siempre propulsa el vehículo como en un coche convencional. Al no poder independizar el motor térmico de la propulsión, se anula la posibilidad de arrancar sólo con electricidad (como Prius) y la de optimizar su régimen de giro para ganar eficiencia como en el híbrido en serie o en un Full combinado, no alcanzando su nivel de rendimiento.

El sistema más completo sería el Híbrido FULL-COMBINADO (serie + paralelo). Se denomina FULL porque tienen un nivel alto de potencia eléctrica instalada (más del 40% del térmico) pudiendo incluso funcionar 100% eléctrico y COMBINADO porque, según la aceleración y la carga de batería, pueden funcionar en serie, en paralelo o en serie y paralelo a la vez. El motor térmico puede funcionar a un régimen optimizado. Se benefician de la potencia de eléctrico y térmico a la vez al acelerar. Pueden funcionar 100% eléctrico. Es el

tipo más completo y equilibrado. Este sistema es el utilizado por Prius y Lexus RX, GS y LS. Prescinden de la caja de cambios y en su lugar llevan un simple engranaje que une las 3 máquinas necesarias (motor, generador eléctrico y motor térmico). Estos vehículos permiten técnicamente emplear un enchufe exterior para cargar la batería al igual que los híbridos en serie.

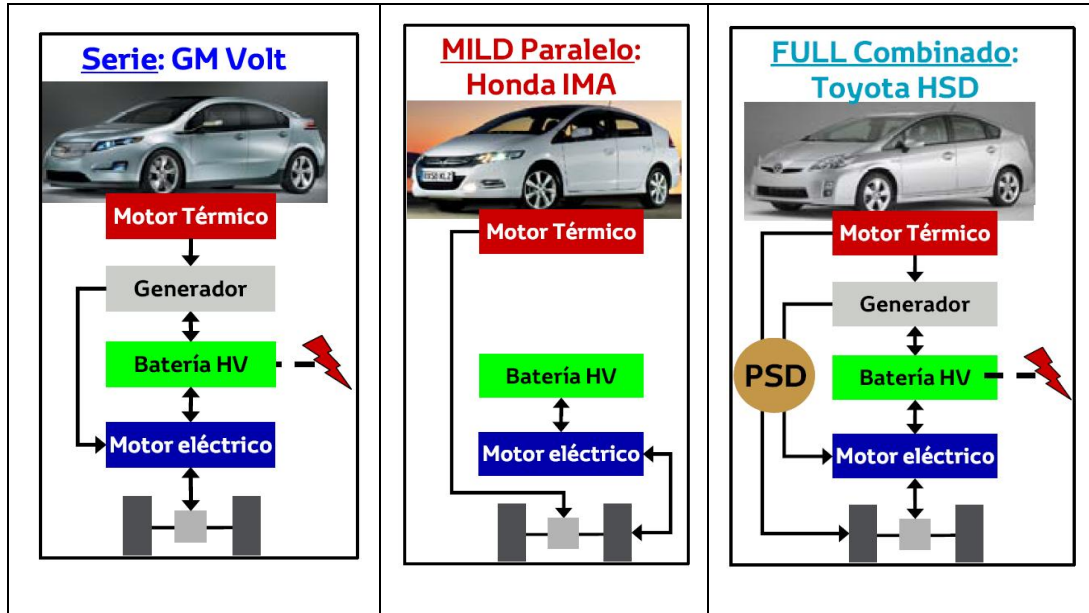


Figura 60 Diferentes tecnologías de vehículo híbrido existentes en la actualidad. Fuente: Toyota.

El coste de un vehículo eléctrico o de un híbrido enchufable, depende de la batería en un porcentaje determinante. El tipo y la capacidad de la batería condicionan la velocidad máxima, la autonomía entre recargas, el tiempo de recarga y la duración de la batería. Los precios de las baterías se han reducido en los últimos años, y lo harán aún más a medida que aumente la demanda y se produzcan en grandes series como actualmente le sucede a las baterías de plomo. Las principales tecnologías existentes son las que se pueden observar en la tabla 29.

Los acumuladores de plomo-ácido son las más antiguas y tienen una baja relación entre la electricidad acumulada con el peso y el volumen. Ocupan mucho espacio y pesan mucho, pero son duraderas y de bajo coste, y se tasa de reciclaje supera el 90%. Para conseguir una autonomía de 50 km con una velocidad punta de 70 km/h se necesiten más de 400 kg de baterías de plomo-ácido. El periodo de recarga puede oscilar entre 8 y 10 horas.

Tipo de baterías recargables	Energía (Wh/kg)	Energía/volumen (Wh/litro)	Potencia/Peso (W/kg)	Número de ciclos	Eficiencia energética-%
Zebra (NaNiCl)	125	300		1.000	92,5
Polímero de litio	200	300	>3.000	1.000	90,0
Iones de litio	125	270	1.800	1.000	90,0
Níquel-Hidruro Metálico (NiMH)	70	140-300	250-1.000	1.350	70,0
Níquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1.350	72,5
Plomo-ácido	40	60-75	150	500	82,5

Tabla 29: Principales tipos de baterías existentes. Fuente: REVE
(Regulación eólica con vehículos eléctricos).

Las baterías de Níquel Cadmio (NiCd) utilizan un ánodo de níquel y un cátodo de cadmio. El cadmio es un metal pesado muy tóxico, por lo que han sido prohibidas por la Unión Europea. Tienen una gran duración (más de 1.350 recargas) pero una baja densidad energética (60 Wh/kg), además de verse afectadas por el efecto memoria.

Las baterías recargables de níquel hidruro metálico (NiMH) son muy similares a las de níquel cadmio, pero sin el metal tóxico, por lo que su impacto ambiental es muy inferior. Las baterías recargables de níquel hidruro metálico almacenan de 2 a 3 veces más electricidad que sus equivalentes en peso de níquel cadmio, aunque también se ven afectadas por el efecto memoria, aunque en una proporción menor. Su densidad energética asciende a unos 70 Wh/kg.

Las baterías de iones de litio (Li-ion) deben su desarrollo a la telefonía móvil y su desarrollo es muy reciente. Su densidad energética asciende a unos 125 Wh/kg, y no sufren el efecto memoria. Las baterías de iones de litio se usan en teléfonos móviles, ordenadores portátiles, reproductores de MP3 y cámaras, y probablemente alimentarán la siguiente generación de vehículos híbridos y eléctricos puros conectados a la red. A pesar de sus indudables ventajas, también presentan inconvenientes: sobrecalentamiento, alto coste y, sobre todo, las reservas de litio, sujetas a una gran controversia.

Las baterías de polímero de litio, es una tecnología similar a la de iones de litio, pero con una mayor densidad de energía, diseño ultraligero (muy útil para equipos ultraligeros) y una tasa de descarga superior. Entre sus desventajas está la alta inestabilidad de las baterías si se sobrecargan y si la descarga se produce por debajo de cierto voltaje.

Una de las baterías recargables que más prometen son las conocidas como Zebra. (NaNiCl). Estas baterías tienen una alta densidad energética, pero operan en un rango de temperaturas que va de 270°C a 350°C, lo que requiere un aislamiento. Son apropiadas en autobuses. En Stabio, en el sur del cantón del Tesino (Suiza), se está construyendo una fábrica para producir baterías en serie. Entre sus inconvenientes, además de la temperatura de trabajo, están las pérdidas térmicas cuando no se usa la batería. El automóvil eléctrico Think City va equipado con baterías Zebra Na-NiCl de 17,5 kWh.

La distancia que un vehículo eléctrico puede recorrer sin recargar la batería, en los modelos actuales o de próxima fabricación, va de 60 a 250 kilómetros. Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los desplazamientos diarios son inferiores a los 60 km. Un vehículo eléctrico consume de 0,12 kWh a 0,30 kWh por kilómetro y para recorrer 100 kilómetros haría falta una batería con una capacidad de 12 kWh a 30 kWh, dependiendo del modelo.

Está claro que el presente son las baterías de plomo, pero aunque el mercado de los vehículos eléctricos está en sus inicios, ya se comercializan bicicletas eléctricas, motocicletas, automóviles, vehículos de reparto e incluso pequeños autobuses, como los que circulan en Madrid, Málaga, Segovia y otras ciudades. Entre 2010 y 2012 habrá una verdadera explosión, pues la práctica totalidad de las empresas automovilísticas están desarrollando vehículos totalmente eléctricos o híbridos eléctricos con conexión a la red, como el Volt de General Motors. En la actualidad parece que las baterías de litio son la solución óptima para el almacenamiento eléctrico. Ver figura 61.

La generalización de las baterías recargables debe evitar los errores del pasado, y para ello se debe considerar todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas al reciclaje o eliminación, pasando por la fabricación y la operación, evitando o minimizando en todas las fases la contaminación y el vertido, y muy especialmente de metales pesados.

Es por ello que en éste estudio, se analizan los 2 tipos de baterías que parecen más utilizadas, en el presente (baterías de plomo) y baterías de litio en un futuro más que probable junto con una posible utilización de pilas de combustible (hidrógeno).

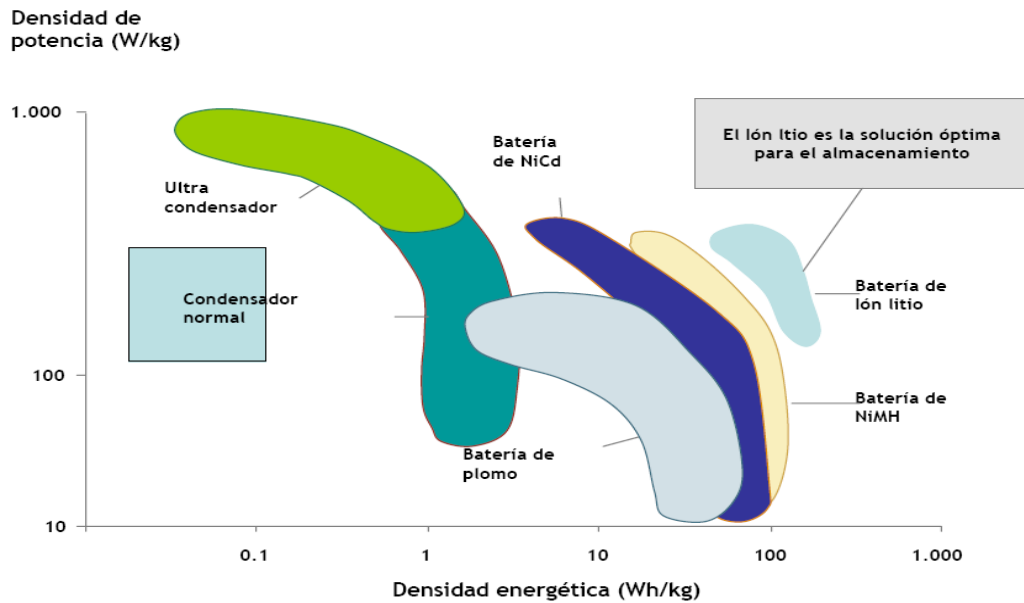


Figura 61 Gráfico comparativo “Densidad de potencia/Densidad energética” de los diferentes tipos de baterías.

7.3.2 Presente de las baterías: las baterías de plomo

La batería de un automóvil se reemplaza por otra nueva cada tres o cuatro años por lo tanto, es un residuo también presente en la red de talleres. Estos factores conducen a que la generación de baterías de plomo fuera de uso, alcance valores muy elevados y en continuo crecimiento en todo el mundo (por ejemplo en Estados Unidos se generan unos 75 millones al año).

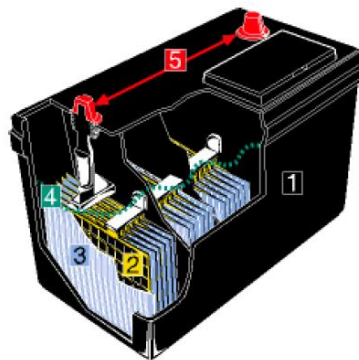
Casi tres cuartas partes del peso de una batería de plomo fuera de uso, están conformadas por residuos de plomo y plomo metálico, materiales altamente tóxicos. Los efectos que estos residuos especiales pueden tener sobre el medio ambiente son nefastos, además de ser muy nocivos para la salud humana. El resto de materiales que componen una batería de plomo fuera de uso son fundamentalmente, el ácido sulfúrico diluido y el plástico, que son residuos muy peligrosos para el medio ambiente.

La buena gestión de la gran cantidad de baterías usadas que se generan a diario en todo el mundo, es una auténtica necesidad en la sociedad actual. Dicha gestión implica a fabricantes, usuarios, organismos gubernamentales, entidades relacionadas con la recogida y el almacenamiento de estos residuos y, por último, a las empresas que finalmente se encargan su reciclaje.

A continuación, se analiza la problemática del reciclaje de baterías de plomo fuera de uso y los métodos vigentes de gestión del residuo, tanto en lo que afecta a su recogida y transporte como en lo referente a los procesos destinados propiamente a su reciclaje.

7.3.2.1 Estructura de la batería de plomo

En el automóvil, la batería tiene la misión de recoger y almacenar la energía eléctrica que produce el generador, para suministrarla a los diferentes órganos que la necesiten. Debido a que el generador no suministra energía eléctrica mientras el motor no está en marcha, cuando está parado y se le quiere poner en funcionamiento, se necesita una fuente de alimentación que sea capaz de mover el motor de arranque, para que éste transmita su movimiento al motor del automóvil y este último pueda funcionar. Esta fuente de alimentación es la batería de plomo. Un esquema de ésta se recoge en la figura 62.



- 1- Caja de polipropileno y ebonita.
- 2 - Placas positivas y negativas de plomo metálico.
- 3 -Separadores de placas, que contienen PVC.
- 4 - Electrolito, solución de ácido sulfúrico.
- 5 -Bornes positivo y negativo.

Figura 62 Componentes de la batería de plomo. Fuente: [Bañeres 2003]

La batería consta de una caja de polipropileno (PP) y ebonita **1**, material plástico contaminante por su alto contenido en azufre, denominada monobloc, donde van alojados todos los órganos que la componen. Se fabrica de este material, para que el ácido sulfúrico que ha de llevar en su interior no la deteriore. Interiormente se divide en varios compartimentos, cada uno de los cuales se denomina acumulador, vaso o elemento. Cada acumulador consta de unos salientes en la parte inferior, para que las placas **2** que han de ir metidas en ellos no estén en contacto con el fondo y quede un espacio donde se irán depositando residuos y suciedades.

Los acumuladores tienen la propiedad de almacenar energía eléctrica a 2 V de tensión cada uno de ellos. Como en total hay seis acumuladores, la tensión de trabajo de una batería de plomo corriente para la automoción es de 12 V. En el interior de los acumuladores hay una serie de placas constituidas por un armazón de aleación de plomo en forma de rejilla, en cuyos huecos se introducen óxidos de plomo bien prensados. Todo esto queda formando un solo cuerpo, duro y compacto.

De las placas que hay en un acumulador, unas son positivas y otras negativas, diferenciándose entre sí por su color, ya que las positivas tienen un color marrón, debido al dióxido de plomo ($\text{PbO}_2(\text{s})$), mientras que las negativas, al estar menos oxidadas, toman un color plateado, más parecido al del plomo ($\text{Pb}(\text{s})$). Todas las placas positivas y negativas se unen entre sí por mediación de sendos puentes y están intercaladas unas entre las otras. En todos los acumuladores hay siempre una placa más negativa que positiva (si hay cinco placas negativas, debe haber cuatro positivas)

Entre cada dos placas se interpone un separador **3**, para evitar el contacto eléctrico entre ellas, impidiendo así la conducción metálica entre las placas de distinta polaridad y permitiendo la conducción electrolítica libre. Los separadores se fabrican de distintos materiales aislantes, básicamente polímeros (mezclas de PVC y PE) y vidrio. El conjunto de las placas positivas y negativas va metido en el acumulador y cubierto por una tapa con dos agujeros, uno en cada extremo, para que por ellos pase el borne de cada uno de los puentes de conexión entre placas.

El orificio central del tapón de llenado da salida a los gases que se producen en el interior de los acumuladores, como consecuencia de las reacciones que sufre la batería con las cargas y descargas. Si no lo tuviera, o estuviese tapado por la suciedad, podría explotar la batería a causa de los gases sometidos a excesiva presión. El orificio no es vertical, sino inclinado, para evitar que con los movimientos del vehículo pueda salir líquido por él.

La tapa que cubre el acumulador va sujeta por una pasta que se echa por sus bordes. Encima de la tapa van los puentes de conexiones entre los elementos; estos puentes deben colocarse de tal manera, que queden conectados todos los acumuladores en serie, para lo cual, el negativo de un acumulador debe estar unido al positivo del siguiente, sumándose de esta forma la tensión de todos los acumuladores. Los acumuladores están conectados entre sí por plomo metálico que conduce la electricidad.

Los acumuladores llevan en su interior, en contacto con las placas, un líquido denominado electrolito **4**, compuesto por tres partes de ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ocho partes de agua destilada. El electrolito debe tener un nivel de un centímetro por encima de las placas y su densidad máxima admisible deberá ser de 1.3kg/L. Al entrar en la batería la corriente eléctrica producida por el generador, esta corriente pasa desde el borne positivo hasta las placas positivas y, de éstas, a través del electrolito, hasta las negativas, saliendo por el borne negativo. Este paso de corriente eléctrica produce una reacción química entre el ácido sulfúrico del electrolito y el plomo de las placas, quedando en éstas la energía de dicha corriente. Cuando no hay corriente que cargue el acumulador, ésta deshace la reacción química y se produce una corriente eléctrica de descarga. En el anexo E se detalla el funcionamiento de una batería de plomo y el proceso de reciclaje del plomo.

7.3.2.2 Composición de la batería de plomo fuera de uso

Tras cientos de ciclos de carga y descarga, llega un ciclo de descarga definitivo del que la batería de plomo no se recupera, es decir, al final de su vida útil, la batería está totalmente descargada. En este estado, los acumuladores están impregnados por una mezcla de compuestos de plomo denominada “pasta de plomo”. En esta mezcla, predomina el producto principal de la descarga de la batería, el sulfato de plomo, $PbSO_4$, pero también aparecen plomo esponjoso (Pb), dióxido de plomo (PbO_2) y, en menor medida, óxido de plomo (PbO) y partículas metálicas de plomo que se desprenden de las placas por desgaste. De la pasta, se recupera buena parte del plomo que se obtiene en el reciclaje de las baterías.

El electrolito, tras la descarga final, ha variado considerablemente su composición. Si en una batería de plomo nueva, el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico de alta pureza y de una concentración en peso cercana al 30 %, en una batería de plomo fuera de uso la concentración en ácido sulfúrico del electrolito ha disminuido hasta un 10–15%. Además, tras años de funcionamiento, se encuentran en disolución iones de metales pesados e impurezas, en cantidades suficientes como para que el ácido de la batería sea un residuo cuya recuperación apenas se haya planteado hasta hoy.

El resto de materiales (la caja, los bornes, los separadores y las placas), han sufrido un cierto desgaste por los años de utilización, pero éste no es considerable y se pueden recuperar gran parte de los materiales que los forman. Una batería de plomo fuera de uso tiene un peso aproximado de 15 kg y su composición aproximada es la reflejada en la tabla 30.

	%	Peso (kg)
Pasta de plomo (Pb esponjoso, PbSO ₄ , PbO ₂ y PbO)	39	5.850
Plomo metálico y aleaciones de plomo	34	5.100
Ácido sulfúrico diluido (10 – 15%)	11	1.650
PP	7	1.050
Ebonita	5	0.750
PVC	2	0.300
PE	1	0.150
Acero	0.6	0.090
Vidrio	0.4	0.060
TOTAL	100	15.000

Tabla 30. Composición aproximada de una batería de plomo fuera de uso. Fuente. [Bañeres 2003]

El plomo metálico y las aleaciones de plomo, provienen de las placas y las rejillas que forman los acumuladores. Teniendo en cuenta que en muchos casos estas partes están fabricadas con aleaciones de plomo antimonioso, se puede considerar que su contenido en plomo tiene un valor aproximado de 5 kg. Por otra parte, la pasta, una mezcla de compuestos de plomo que supone la mayor proporción en peso de la batería usada (5.850 kg según los cálculos) tiene un alto contenido en plomo, alrededor de un 80 % en peso (*), como demuestra la tabla 31.

	% en peso	Masa (kg)	% en peso de plomo	Contenido en Pb (kg)
Sulfato de plomo (PbSO ₄)	50	2.925	68.3	1.998
Plomo esponjoso (Pb)	20	1.170	100	1.170
Dióxido de plomo (PbO ₂)	20	1.170	86.6	1.014
Óxido de plomo (PbO)	10	0.585	92.8	0.543
TOTAL	100	5.850	80.765 (*)	4.725

Tabla 31. Composición aproximada de la pasta de plomo. Fuente: [Bañeres 2003]

Según estos cálculos hay cerca de 5 kg de plomo en la pasta. Por lo tanto el contenido total en plomo en una batería fuera de uso, sumando el plomo de la pasta y el de las placas y rejillas, ronda los 10 kg, es decir, que unas dos terceras partes del peso de una batería de plomo fuera de uso son plomo puro.

Evidentemente estos valores no son fijos, sino que dependen de cada modelo y del estado en que la batería deja de funcionar (hay diferentes grados de descarga, que harán variar la composición de la pasta y en consecuencia el contenido en plomo). En la práctica, el contenido en plomo se puede expresar como 10 ± 2 kg. Se trata, pues, de valores que ilustran la composición de la batería fuera de uso y su altísimo contenido en plomo, que justifica sobradamente su recuperación.

7.3.2.3 Toxicidad y clasificación legal de la batería de plomo fuera de uso como residuo

Muchos de los materiales que se encuentran en las baterías de plomo fuera de uso, son altamente tóxicos. En concreto, los residuos cuya composición los hace especialmente peligrosos para el medio ambiente son, los compuestos con plomo, el ácido sulfúrico, la ebonita y el PVC:

- Compuestos con plomo: suponen casi tres cuartas partes del peso total de una batería de plomo fuera de uso. El plomo, al ser un elemento, no puede ser destruido. Es un metal pesado considerado como el peor factor contaminante para el ser humano, después de la radiación. El arsénico y otros elementos son más tóxicos, pero el plomo resulta más peligroso debido a que está mucho más extendido en el medio ambiente. La contaminación por plomo en niveles bajos disminuye la inteligencia, reduce la capacidad para la concentración y afecta a la función del lenguaje y a la memoria. En concentraciones mayores, provoca lesiones crónicas graves en el sistema nervioso central y un deterioro general de la salud, ya que inhibe la generación de glóbulos rojos. Los niños y las mujeres embarazadas son especialmente susceptibles a la intoxicación por plomo. En los suelos, provoca la esterilidad de los campos de cultivo y en el agua, la desestabilización química (pH, composición...) y la alteración de los ecosistemas. En ningún caso los compuestos con plomo deben ser incinerados o depositados en suelos sin control, sino que su gestión debe estar acompañada por un riguroso control. Los residuos con plomo están contemplados por las normativas medioambientales locales y europeas como especiales, en concreto con el código 06 04 19 en el Catàleg de Residus de Catalunya y con el código 06 04 05 en la Lista de Residuos de la Comunidad Europea.

- Ácido sulfúrico: es un material altamente nocivo para cualquier parte del cuerpo humano. En contacto con la piel causa quemaduras, su ingestión provoca daños severos en todo el tracto gastrointestinal y los vapores que desprende son severamente irritantes para las vías respiratorias pudiendo causar un edema pulmonar. En cuanto al medio ambiente, el ácido sulfúrico es altamente dañino para la vida acuática pues su acidez y su alto poder corrosivo alteran el pH de

los acuíferos y perjudican a los ecosistemas. Por las mismas razones, también resulta fatal en los suelos. El ácido sulfúrico de las baterías de plomo fuera de uso en ningún caso debería acabar en los suelos, ni, como ocurre con frecuencia, ser vertido por las alcantarillas. Como residuo, está clasificado como especial, y su código es 06 06 01 tanto en Cataluña como en Europa.

- Ebonita: está presente en la caja de la batería de plomo. Se trata de un caucho vulcanizado que añade resistencia química y mecánica a la caja y que también colabora en el aislamiento eléctrico. Casi un kilo de ebonita se encuentra en la mayoría de las baterías de plomo. Su contenido en azufre, cercano al 10%, convierte a este material en un residuo peligroso, pues si se incinera junto a otros residuos, se generan vapores de SO_2 , gas altamente tóxico para la atmósfera. Por tanto la ebonita debe no debe ser en ningún caso incinerada, sino que debe separarse del polipropileno de la caja de la batería de plomo fuera de uso, para su depósito o recuperación.

- PVC (Policloruro de vinilo): aunque su uso no es masivo en las baterías de plomo, forma parte en muchas ocasiones de la composición de los separadores de la batería. Se trata de un plástico al que se le atribuye un alto poder cancerígeno y cuya incineración conlleva la emisión de gases con un alto contenido en cloro, muy nocivos para el medio ambiente. Por tanto, debe ser separado de la batería para su reciclaje y no incinerado.

El resto de materiales, polipropileno (PP), polietileno (PE), acero y vidrio no poseen la toxicidad de los anteriores, pero también deben ser gestionados correctamente. En concreto, se separa el PP para ser reciclado, mientras que el resto de materiales, en cantidades muy pequeñas, se desechan en un vertedero.

Queda claro que la batería de plomo fuera de uso, contiene una gran cantidad de residuos altamente peligrosos para el medio ambiente, lo que hace absolutamente imprescindible una gestión óptima, tanto de las baterías de plomo fuera de uso, como de sus constituyentes por separado. El carácter tóxico de la batería de plomo, ha provocado que las autoridades medioambientales de todo el mundo la hayan catalogado en sí misma como un residuo.

En concreto, la batería de plomo fuera de uso, está clasificada como residuo especial, tanto en la Lista de Residuos de la Comunidad Europea (código 16 Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso 21 06 01), como en el Catàleg de Residus de Catalunya (código 16 01 03). Además existe una directiva europea que trata de definir los procedimientos de gestión, en concreto, para las baterías de plomo (la directiva 91/157/EEC)

7.3.2.4 Perspectivas tecnológicas de la batería de plomo.

La batería de plomo ha disfrutado de una sólida posición en el mercado mundial de las baterías a lo largo de sus más de 150 años de historia. A pesar de ello, en los últimos tiempos han surgido sistemas avanzados como las baterías híbrido níquel metal (Ni-MH), los sistemas a altas temperaturas (Na-S, Na-NiCl₂), llamados HT systems o las baterías de litio que cuestionan algunas de sus variables tecnológicas. Estos nuevos tipos de baterías están dirigidos especialmente a nuevas aplicaciones, como vehículos eléctricos o el denominado 4C market, mercado 4C (informática, cámaras, teléfonos móviles y herramientas inalámbricas). De hecho, en estos terrenos la batería de plomo no goza ni mucho menos del dominio protagonizado en la automoción.

Para ello es necesario comparar las prestaciones, ventajas e inconvenientes de cada sistema de batería. Ver tabla 32.

	Batería de plomo	Ni-MH	HT systems	Batería de litio
Seguridad	+	0	0	-
Energía específica (W · h · kg ⁻¹)	- (25-35)	+ (65-75)	+ (75-85)	++ (100-150)
Potencia específica (W · kg ⁻¹)	+ (70-100)	++ (120-150)	+ (100-120)	+ (150-250)
Costo específico (euros · kW ⁻¹ · h ⁻¹)	+ (150)	- (>600)	0 (>400)	0 (>600)
Disponibilidad para el reciclaje	++	0	0	0
Duración (ciclos)	+ (250-750)	+ (700)	++ (1000)	++ (1000)

++ muy bueno + bueno 0 satisfactorio - malo --muy malo

Tabla 32. Comparación entre la batería de plomo y otros tipos de batería. Fuente: [Bañeres 2003]

Como indica la tabla 32, la batería de plomo tiene una clara desventaja, en el valor de la energía específica en relación al resto de sistemas. La causa principal de esta limitación, es el rendimiento insuficiente en el uso de la masa activa (plomo esponjoso en las placas negativas y dióxido de plomo en las positivas) durante los procesos electrolíticos. Para optimizar este rendimiento, se están llevando a cabo en la actualidad investigaciones que tratan de hallar la relación entre dicho rendimiento y variables como el espesor de la masa activa, la forma de la rejilla o el uso de aditivos (SnSO₄ en concreto) que mejorarían la calidad de las transferencias electrónicas. La potencia específica de la batería de plomo, así

como la duración, aun siendo más bajas que en el resto de baterías, tienen un valor aceptable.

En el costo específico, se encuentra la clave del éxito de la batería de plomo como sistema de almacenaje y suministro de energía para la automoción: es, por unidad de energía, como mínimo tres veces más barata que el resto de sistemas estudiados. En una aplicación como la batería para la automoción, que necesariamente supone un volumen de producción de cientos de millones anualmente, este parámetro es fundamental. Además, las regulaciones medioambientales fomentan, o incluso exigen cada día más la disponibilidad para el reciclaje de los residuos y la batería de plomo es el sistema con una adaptación al reciclaje más evolucionada.

Queda claro por tanto, que la aplicación de la batería de plomo en la automoción, perdurará mientras su bajo costo específico siga compensando el menor rendimiento tecnológico con respecto a otros sistemas y mientras éstos no optimicen su adaptabilidad al reciclaje.

7.3.2.5 Gestión de baterías de plomo fuera de uso

La batería de plomo fuera de uso, está catalogada como residuo especial y como tal, debe ser gestionada según los procedimientos especificados en las leyes relativas a residuos. En España, las cuestiones medioambientales son competencia de los diversos gobiernos autonómicos, que poseen legislaciones propias que definen los procedimientos de gestión de residuos. Dichas normativas autonómicas son similares entre sí, pues están todas basadas en las directrices dadas por las autoridades medioambientales europeas.

Según la Ley 6/1993, normativa reguladora de residuos de la Generalitat de Catalunya, la gestión de residuos comprende las siguientes actividades: recogida, transporte, almacenaje, valorización, disposición de los desechos, comercialización de los residuos y vigilancia de todas estas operaciones. Entre las actividades englobadas en el concepto de valorización está el reciclaje y la recuperación de materiales. En el caso del residuo tratado, la batería de plomo fuera de uso, dichos materiales a recuperar son el plomo y, en mucha menor medida, el polipropileno. La eficacia en el proceso de recuperación del plomo se mide mediante el coeficiente de recuperación, es decir, la cantidad de metal recuperado en relación con la cantidad existente en el residuo. Los valores de dicho coeficiente que se alcanzan en la industria secundaria son altos, pero de poco sirve, si los procedimientos de gestión que preceden al reciclaje, o sea la recogida, el transporte y el almacenaje no se llevan a cabo de una manera eficaz y respetuosa con el medio ambiente. Cabe recordar que una sola batería de

plomo fuera de uso contiene unos 10 kg de contenido en plomo, cerca de dos kilos de disolución de ácido sulfúrico y una cantidad considerable de plásticos contaminantes, por lo que el daño ecológico que una pequeña cantidad de baterías mal gestionada puede provocar, es enorme.

El negro historial medioambiental de muchas fundiciones recuperadoras de plomo, el derramamiento del ácido en el alcantarillado o en suelos, el abandono de vehículos con sus baterías fuera de los espacios adecuados para su disposición, las operaciones clandestinas de desguace o las exportaciones masivas e incontroladas de millones de baterías de plomo fuera de uso a países en vías de desarrollo sin producción primaria, son costumbres extendidas que convierten a la batería de plomo fuera de uso, en un residuo especial cuya gestión debe ser optimizada en el ámbito mundial.

A lo largo del ciclo de vida de la batería de plomo, descrito en la figura 69, pueden distinguirse varias etapas.

- Obtención de materias primas: en esta etapa se producen el plomo refinado, las aleaciones de plomo y los óxidos de plomo necesarios para la fabricación de baterías. Esta producción se lleva a cabo en las fundiciones.

Por un lado, las primarias generan sus productos a partir de los concentrados extraídos en las minas. Por otro lado, en las fundiciones secundarias se llevan a cabo procesos de recuperación de chatarra de plomo y de reciclaje de baterías de plomo fuera de uso. En algunas fundiciones secundarias existe una unidad paralela de reciclaje de polipropileno, ya que hay más de 1 kg de este plástico en cada batería, que forma parte de la carcasa. El ácido sulfúrico no se recupera en las fundiciones, sino que se neutraliza y se deposita en vertederos. El resto de materiales suelen llegar a las fábricas de baterías ya formando parte de las diferentes piezas.

- Fabricación de baterías de plomo: en las fábricas de baterías se ensamblan las diferentes piezas y se introducen los materiales activos (óxido de plomo y ácido sulfúrico) de tal manera que las baterías están listas para su uso.

- Distribución de baterías de plomo: de las fábricas, las baterías se transportan a minoristas y talleres, donde los usuarios podrán obtener un recambio para su batería usada. También se distribuye buena parte de las baterías fabricadas a los mayoristas de automóviles, que las adaptan a sus nuevos vehículos.

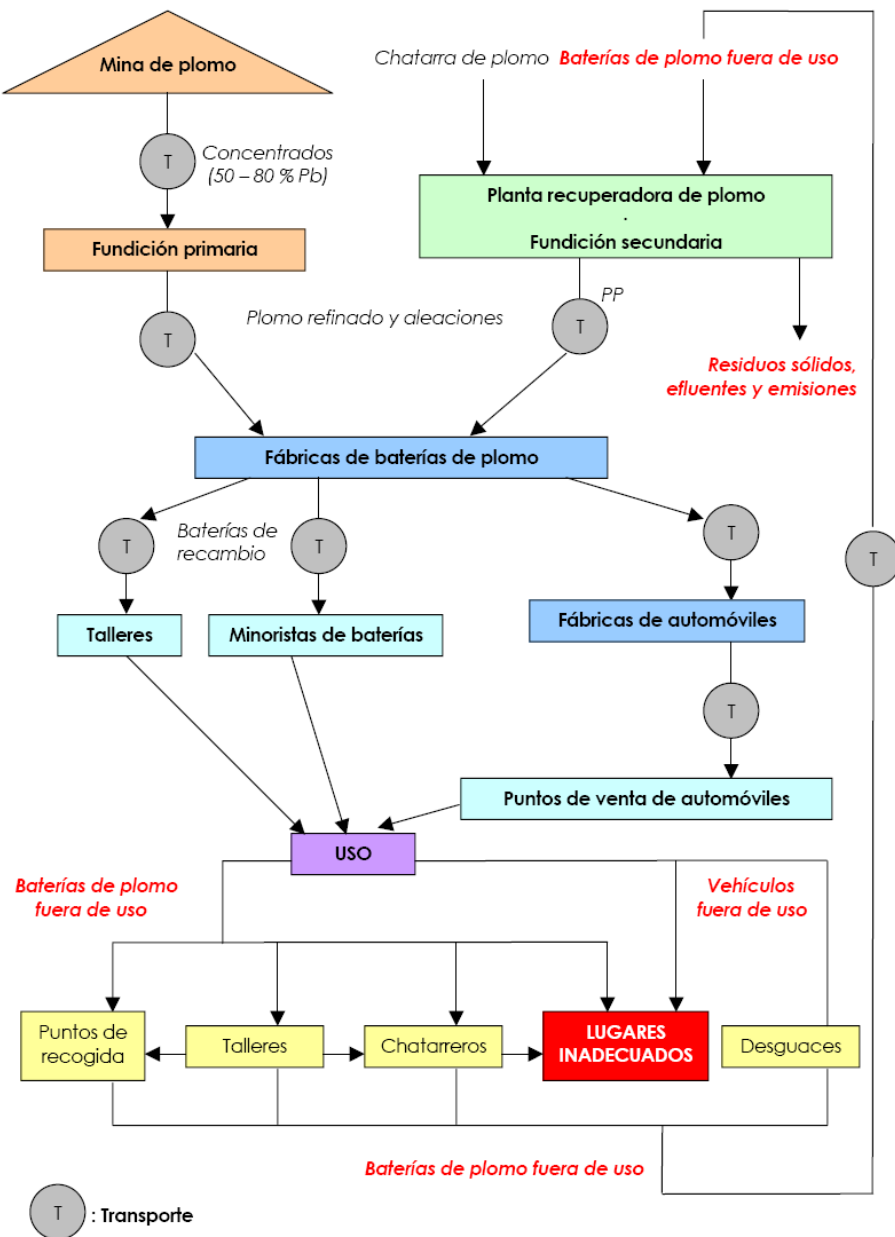


Figura 63 Diagrama de ciclo de vida de las baterías de plomo.

Fuente: UNIPLOM

- Uso: las baterías de plomo proporcionan energía eléctrica a todo tipo de vehículos durante tres o cuatro años y no requieren mantenimiento.
- Gestión de baterías usadas y de vehículos fuera de uso: una vez finalizada su vida útil, las baterías usadas pueden seguir varios caminos, en función de la estructura vigente en cada zona geográfica. En algunos países se dispone de puntos de recogida específicos para baterías de plomo, pero en la mayoría de casos las baterías de plomo fuera de uso se depositan en talleres. A

continuación se llevan a almacenes autorizados de residuos o a desguaces, desde los que “regresan” a las fundiciones secundarias.

En España se consumen unas 220.000 t/año de plomo y el 80% de estas se utilizan en baterías según UNIPLOM. Más de la mitad del plomo consumido proviene del reciclado. Gracias a esto las baterías de plomo consiguen cifras de reciclado más que aceptables llegando a un 95% de su peso como podemos ver en la figura 64.

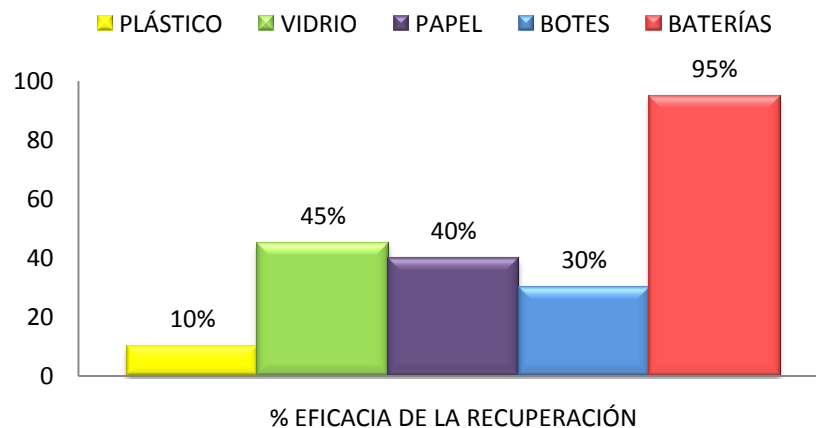


Figura 64. Datos de eficacia en la recuperación. Fuente: UNIPLOM

7.3.2.6 Estudio del proceso de reciclaje de baterías de plomo fuera de uso

El protagonismo del reciclaje de baterías usadas en las fundiciones de plomo secundario, es cada día mayor. El descenso o incluso desaparición del uso de plomo en muchas aplicaciones, está provocando que la chatarra de plomo escasee, otorgando al reciclaje de baterías usadas un papel fundamental en la producción secundaria. De hecho, ya son muchas las fundiciones secundarias cuya actividad es exclusivamente la del reciclaje de baterías.

Si además, se tiene en cuenta que la producción minera de plomo también está disminuyendo y en consecuencia, también lo está haciendo la de la metalurgia primaria, queda claro que el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso resulta imprescindible en la producción de plomo en el mundo. Observando las tendencias de consumo y producción, y considerando que a las reservas mineras de plomo se les estima una vida de entre 30 y 40 años, no es exagerado presumir que dentro de un tiempo, el reciclaje de baterías usadas

será la actividad productora de plomo refinado de mayor capacidad y por tanto, la que definirá las directrices del mercado del plomo.

La optimización de las todas las actividades vinculadas al reciclaje de baterías de plomo fuera de uso, es un tema de gran trascendencia, dado el carácter de materia prima secundaria que tienen las baterías usadas. Dicha optimización afecta a todo el ciclo de vida de las baterías, pero en especial, a las etapas posteriores al final de su vida útil.

La eficiencia con que actúan las redes de recogida y transporte a las fundiciones de plomo secundario es fundamental, ya que define el nivel de reciclaje del residuo, es decir, cuántas de las baterías usadas que se generan diariamente son finalmente recicladas. Pero una vez las baterías de plomo fuera de uso, han llegado a las plantas recuperadoras, comienza una nueva etapa en su gestión, la etapa del reciclaje, en la que también parámetros tecnológicos, medioambientales y económicos, definen la eficacia de los procesos que se llevan a cabo en las plantas.

En todas las plantas que reciclan baterías, existe una primera unidad de separación de componentes. En esta unidad, inicialmente se extrae el ácido sulfúrico del electrolito y, a continuación, se trituran las baterías usadas para proceder a la clasificación de materiales.

De entre estos materiales, se separa el polipropileno, que se recicla en la misma planta, o vende a otras industrias que se encargan de su reciclaje. Por otro lado se separan la pasta de plomo, el plomo metálico y sus aleaciones y, finalmente, se depositan los denominados residuos del triturado (breaking residues), entre los que se encuentran fracciones de vidrio, acero, PVC, y ebonita principalmente.

El funcionamiento de la unidad de triturado y clasificación se basa en el resultado de sucesivas separaciones hidrodinámicas, mediante las cuales se procede con eficiencia al aislamiento de los distintos materiales.

Tras la separación de componentes, se llevan a cabo las operaciones de recuperación del plomo. La inmensa mayoría de las plantas de reciclaje de baterías usadas, son fundiciones de plomo secundario, que emplean métodos pirometalúrgicos tradicionales. Por eso, en muchas de ellas, se introducen simultáneamente la pasta de plomo y el plomo metálico y sus aleaciones, en un mismo horno reductor.

La temperatura necesaria para fundir el plomo metálico de las placas y las rejillas, es relativamente baja (por debajo de los 400 °C), pero para reducir los

óxidos y el sulfato de plomo de la pasta, se necesita alcanzar temperaturas que rondan los 1100 °C. El consumo de energía que requiere el trabajo de este primer horno, es enorme. Además, si no se trata la pasta de plomo (lo cual no es una costumbre generalizada), la reducción del sulfato de plomo conduce a una considerable emisión de dióxido de azufre, SO₂, gas altamente tóxico. Tras la salida del primer horno de plomo de baja pureza, también denominado plomo de obra, se procede al refinado. De la unidad de refinado se extrae plomo puro o refinado, de una pureza igual o superior al 99,97 %. A partir de éste se producen lingotes de plomo refinado y aleaciones de plomo.

El alto consumo de energía, así como la generación de elevadas cantidades de gases tóxicos, cenizas y las denominadas escorias, están estimulando la búsqueda de alternativas a los procesos pirometalúrgicos tradicionales. La adición de compuestos en el horno reductor, con el fin de reducir la generación de SO₂ y la temperatura de trabajo, es una de las soluciones, pero la verdadera alternativa consiste en el tratamiento separado de los compuestos metálicos de plomo y sus aleaciones por un lado, y de la pasta de plomo por otro.

En algunas plantas, ya se trata por separado la pasta de plomo, sobre todo mediante procesos de desulfurización, gracias a los cuales la pasta puede introducirse en los hornos sin que la producción de SO₂ sea tan elevada. Estos procesos resultan caros y, aunque son más ecológicos que los tradicionales, suponen la generación de nuevos residuos. Por ello, ya hace algunos años que se viene investigando la viabilidad de los procesos hidrometalúrgicos para el tratamiento de la pasta de plomo. Estos procesos son más respetuosos con el medio ambiente, están más controlados y en muchos casos, resultan más económicos.

La recuperación del ácido sulfúrico del electrolito, es otro tema de interés. A pesar de que en cualquier planta de reciclaje de baterías usadas, se generan como mínimo varios cientos toneladas al año de ácido sulfúrico diluido, casi nunca se recicla o reutiliza, sino que simplemente se neutraliza y se deposita en vertederos, lo que implica un gasto adicional.

Aunque, es cierto que revalorizar el ácido de las baterías usadas es una tarea complicada, por su contenido en metales pesados e impurezas, existen métodos como el tratamiento biológico o la purificación por precipitación que darían una salida económica al ácido generado. También es factible el aprovechamiento del ácido, mediante su integración en alguna de las fases de la recuperación del plomo de las baterías.

La escasa rentabilidad que sufren muchas plantas que reciclan baterías de plomo fuera de uso, provocada por las crecientes exigencias medioambientales o el bajo precio del plomo, entre otros factores, justifica sobradamente la búsqueda de alternativas que reduzcan costes y que, al mismo tiempo, mejoren las condiciones medioambientales.

Las mejoras dentro de los procesos pirometalúrgicos existentes, el uso de métodos hidrometalúrgicos para el reciclaje de la pasta de plomo o la recuperación del ácido sulfúrico del electrolito, pueden ser soluciones adecuadas.

- Sistema de triturado y separación de componentes:

Es la etapa inicial, de casi todos los procesos de reciclaje de baterías de plomo fuera de uso (en algunas plantas todavía se introducen en el horno todos los componentes de las baterías). La fase de triturado y separación de componentes, permite aislar los diferentes materiales que componen las baterías usadas, para su posterior depósito o reciclaje. Dicho proceso se realiza en las siguientes etapas:

- Extracción del ácido sulfúrico del electrolito:

En primer lugar se procede a la rotura parcial de la batería, con la finalidad de extraer el ácido. Dicha rotura puede llevarse a cabo manualmente. A continuación, el ácido se almacena en un depósito de gran tamaño y se neutraliza mediante una base fuerte, normalmente una disolución concentrada de sosa cáustica (NaOH), carbonato de sodio (Na_2CO_3) o cal viva (CaO). La eficiencia en la extracción del ácido no puede ser total, pues se encuentra en contacto con la fase sólida de la pasta de plomo, por lo que una pequeña parte del ácido permanece siempre en las baterías.

La disolución extraída tiene una concentración en ácido sulfúrico cuyos valores pueden ser casi nulos o llegar al 30 %, en función del estado en que la batería ha dejado de funcionar, pero la concentración habitual del ácido de una batería usada suele estar entre un 10 % y un 15 % en peso. No se trata de una disolución de gran pureza, pues en ella se hallan disueltos iones metálicos e impurezas plásticas. Por ello, la gran mayoría de plantas de reciclaje de baterías usadas considera muy lejana la posibilidad de recuperar el ácido de la batería, así que sencillamente lo neutralizan y pagan a un gestor de residuos para que se haga cargo de él, normalmente depositándolo en un vertedero.

- Triturado de las baterías:

Una vez se ha separado el ácido de las baterías, estas son trituradas mediante un proceso corriente de molienda en un triturador rotativo. El método más habitual es el uso de un molino de bolas, un depósito cilíndrico, en el que el impacto de las esferas provoca la fragmentación de las baterías usadas.

- Cribado de la pasta de plomo: cuando las baterías se encuentran fragmentadas, se separa primeramente la pasta de plomo, mediante una criba:

Se trata de un mecanismo similar a un tamiz, que consta de una superficie plana o pantalla, que está atravesada por orificios de tamaño y forma característicos. Para separar la pasta del resto de materiales, a los que suele estar adherida, se requiere que el cribado sea realizado en húmedo. Para ello se envía agua a presión contra la superficie plana, que humedece la pasta convirtiéndola en una arenilla que atraviesa los orificios de la pantalla.

- Separación hidrodinámica del polipropileno (PP):

Para aislar el polipropileno del resto de materiales, se introducen todos ellos en un depósito lleno de agua. El polipropileno puede separarse por flotación en agua, pues su densidad es menor a la del agua.

- Separación hidrodinámica de PVC, ebonita y plomo metálico y sus aleaciones:

La gran diferencia entre las densidades de PVC y ebonita por un lado, y las del plomo metálico y sus aleaciones por otro, facilita que puedan aislarse unos de otros mediante un procedimiento común de separación hidrodinámica.

De los aproximadamente 15 kg que pesa una batería usada, unos 12 kg, la masa compuesta por el PP, la pasta de plomo, el plomo metálico y sus aleaciones son siempre tratados en procesos de reciclaje. La masa restante, formada por el ácido del electrolito, el PVC y la ebonita, unos 3 kg por batería usada, son finalmente depositados en vertederos en la mayoría de los casos. El PVC y la ebonita, por las condiciones en las que se extraen, son difíciles de recuperar, por lo que la única manera de aprovecharlos sería extraer energía mediante su combustión. Aunque se realiza en algunas plantas, no parece una elección ecológica, por los gases que se desprenden (SO_2 y gases clorados especialmente). En cambio, la reutilización o valorización del electrolito, reduciría a menos de la mitad la generación de residuos no reciclados y podría aportar algún beneficio económico.

En la figura 65 puede apreciarse la estructura de la unidad de triturado y separación.

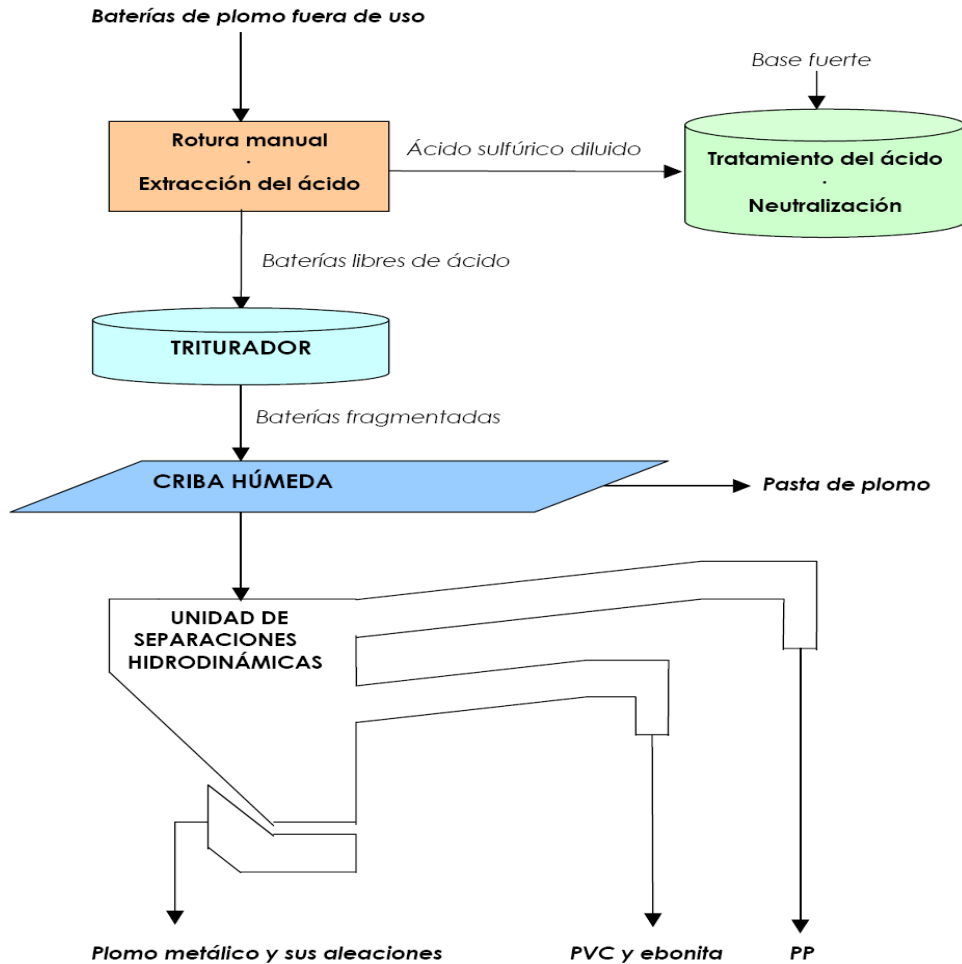


Figura 65. Esquema de la unidad de triturado y separación de componentes de una planta de reciclaje de baterías de plomo fuera de uso. Fuente: UNIPLOM

- Sistema con procesos pirometalúrgicos tradicionales:

La gran mayoría de las industrias que reciclan baterías de plomo fuera de uso lo hacen a través de métodos pirometalúrgicos tradicionales.

Como muestra la tabla 33, en Europa Occidental, donde la tecnología suele ser más respetuosa con el medio ambiente que en otras zonas del mundo como el Sudeste Asiático o África, seis de las dieciséis plantas contabilizadas introducen en el horno todos los componentes de las baterías, sin separación previa, lo cual supone una agresión tecnológica y medioambiental. La situación

de estas plantas debe cambiar gracias a directivas europeas como la 94/67/CE, que restringe la incineración de residuos peligrosos.

De las diez plantas restantes, tan solo cuatro llevan a cabo un tratamiento previo de la pasta (desulfurización) para reducir las emisiones de SO₂, debido al elevado coste que implica dicho tratamiento.

Tecnología aplicada	N	Impacto medioambiental	
		Emisiones	Residuos
Fusión en un mismo horno de todos los componentes de las baterías usadas con adición de sosa cáustica (NaOH)	4	- SO ₂ - Gases con compuestos orgánicos	- Escorias de sodio con metales pesados disueltos - Partículas con cloro
Fusión en un mismo horno de todos los componentes de las baterías usadas y posterior calcinación de escorias	2	- SO ₂ - Grandes volúmenes de gases tóxicos	- Escorias de silicio con metales pesados disueltos - Partículas con cloro
Separación de componentes y fusión en un mismo horno de la pasta de plomo y del plomo metálico y sus aleaciones con adición de sosa cáustica (NaOH)	6	- SO ₂	- Escorias de sodio con metales pesados disueltos - PVC, ebonita y ácido
Separación de componentes, desulfurización de la pasta de plomo y fusión en un mismo horno de la pasta y del plomo metálico y sus aleaciones	4	- Pocas emisiones	- Pequeña cantidad de escorias - PVC, ebonita y ácido

N: número de plantas que aplica la correspondiente tecnología

Tabla 33. Tecnologías aplicadas para el reciclaje de baterías usadas en Europa Occidental [Bañeres 2003]

La figura 66 describe los procesos de recuperación llevados a cabo mediante métodos pirometalúrgicos tradicionales.

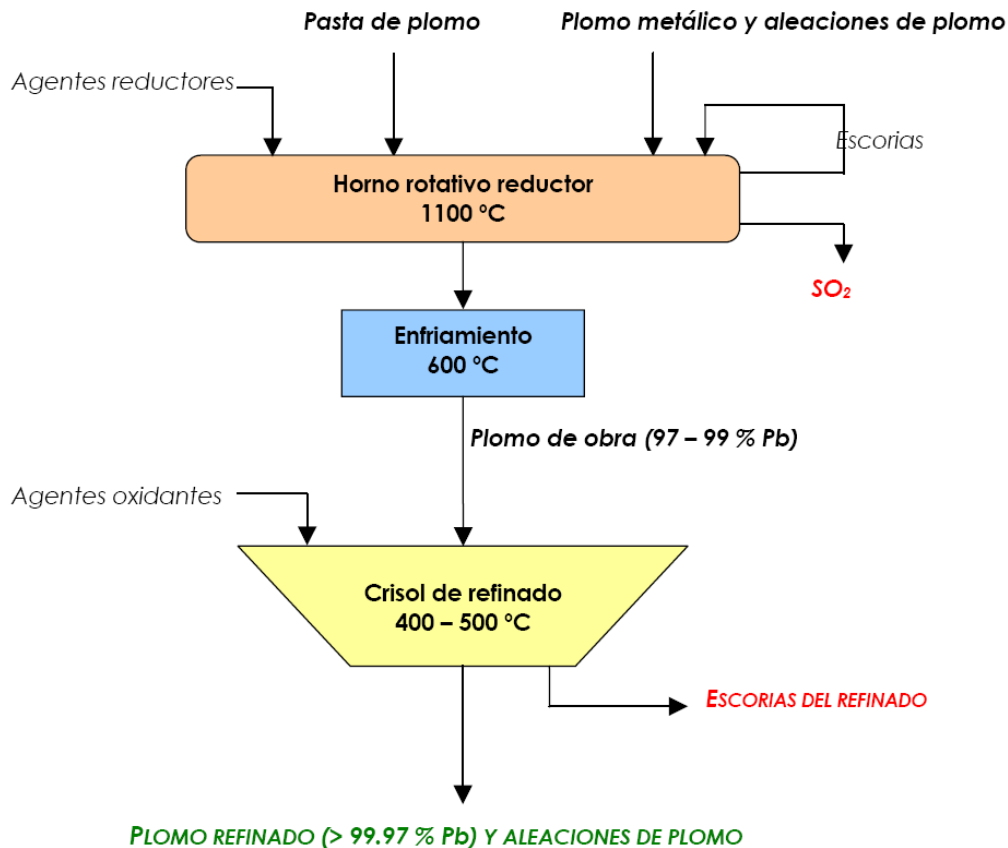
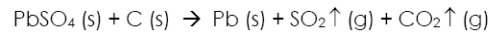
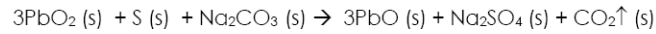
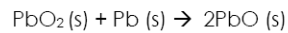
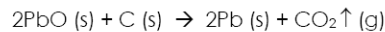


Figura 66. Esquema del funcionamiento de un proceso metalúrgico tradicional para el reciclaje de baterías usadas. Fuente: UNIPLOM

En el horno rotativo, además de la pasta, el plomo metálico y sus aleaciones, se añaden compuestos con la finalidad de formar escorias que retengan el azufre de la pasta (en forma de $\text{FeS} - \text{Na}_2\text{S}$), minimizando así la generación de SO_2 , y de provocar la reducción química de los óxidos y el sulfato de plomo de la pasta, a plomo en estado de oxidación 0.

Dichos agentes son mezclas de carbón en polvo o coque, hierro, azufre, carbonato de sodio (Na_2CO_3), cal viva (CaO) y sílice (SiO_2) [EPA, 2003]. También suele añadirse plomo metálico en polvo como agente reductor.

Las siguientes reacciones, en condiciones de altas temperaturas, muestran las reducciones más habituales que se llevan a cabo en el primer horno reductor, y que conducen a la formación de Pb en estado de oxidación 0:



La aplicación en el primer horno de altas temperaturas, alrededor de 1100 °C, sobre el ácido sulfúrico que ha quedado impregnado en la pasta y sobre los productos de la reducción, en especial sobre el Na₂SO₄, conlleva la generación grandes cantidades de SO₂.

Las escorias suelen ser recirculadas al mismo horno, pues contienen una cantidad considerable de plomo. Del horno reductor, una vez separadas las escorias, se extrae el plomo y se enfría plomo a unos 600 °C. Tras el enfriado se obtiene plomo de obra, cuya pureza está entre el 97 % y el 99 % en peso de plomo. Este plomo no tiene demasiada salida comercial, por lo que se introduce en un segundo horno, el de refinado. En este horno, denominado crisol, se separan las impurezas metálicas presentes en el plomo de obra mediante la oxidación de dichas impurezas. Para ello suele introducirse inicialmente sosa cáustica (NaOH), que retiene las impurezas. A continuación, para provocar su oxidación, se aplica una corriente de aire y se añaden agentes oxidantes, principalmente, nitrato de sodio (NaNO₃). Las impurezas metálicas (estaño, arsénico, zinc y antimonio), forman sales metálicas con el sodio, de forma que pueden ser aisladas. El plomo refinado resultante, de alta pureza (> 99,97 %Pb), se utiliza para la fabricación de lingotes de plomo refinado, aleaciones o productos de plomo.

Aproximadamente, unas 280 kt del lodo resultante de la neutralización del ácido del electrolito y 200 kt de escorias tóxicas son producidas anualmente en las plantas europeas de reciclaje de baterías usadas [Frías, 2003]. Además, las emisiones de SO₂ son también considerables. La baja rentabilidad del sector del reciclaje de baterías usadas no estimula a los empresarios a sustituir las viejas tecnologías por otras más limpias, pero más caras. Las autoridades medioambientales nacionales deberían colaborar en transformar los procesos de las fundiciones, con el fin de llevar a cabo actividades más ecológicas, ya que el reciclaje de baterías usadas es, al fin y al cabo, una actividad de beneficio público.

7.3.2.7 Alternativas tecnológicas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso

Los inconvenientes ecológicos, así como la baja rentabilidad que acompañan a muchos de los procesos empleados para el reciclaje de baterías usadas en la actualidad justifican la búsqueda de alternativas.

La fusión del plomo metálico y sus aleaciones, que provienen de las placas y las rejillas de las baterías, se puede llevar a cabo en un horno común, sin emisiones considerables ni la necesidad de alcanzar grandes temperaturas (con unos 400°C es suficiente). El problema medioambiental del reciclaje de baterías usadas proviene fundamentalmente de la recuperación del plomo de la pasta. El sulfato de plomo (PbSO_4), que supone aproximadamente la mitad del peso de la pasta, conduce a la generación de SO_2 si se introduce en un horno sin tratamiento previo. Por este motivo, algunas plantas que trabajan con procesos pirometalúrgicos han decidido proceder a un tratamiento de la pasta de plomo, antes de introducirla en el horno reductor, denominado desulfurización.

Muchas plantas de reciclaje de baterías usadas son reticentes a llevar a cabo la desulfurización de la pasta, ya que tiene los siguientes inconvenientes:

- Es un proceso lento (la desulfurización dura aproximadamente una hora)
- La conversión es incompleta (el rendimiento es de un 92 %)
- El equipo necesario es caro, pues para la desulfurización se emplean bases fuertes y corrosivas (sosa cáustica o carbonato de sodio).

Aunque es cierto que la desulfurización de la pasta supone un gasto añadido considerable, las plantas que no proceden a dicha desulfurización se ven obligadas a utilizar potentes filtros para el SO_2 , que también resultan costosos. Además, a partir de la desulfurización casi siempre se integra un proceso paralelo de producción de sulfato de sodio cristalino (Na_2SO_4) de alta pureza, que puede ser vendido, por ejemplo, a la industria del detergente, disminuyendo así los costes.

Las plantas que utilizan métodos pirometalúrgicos y que no creen en la viabilidad económica de la desulfurización, tienen la alternativa de reciclar el SO_2 . Esto se debe a la posibilidad de producir también sulfato de sodio (Na_2SO_4) a partir del gas tóxico. En este proceso paralelo también puede reutilizarse el ácido sulfúrico del electrolito, lo que supondría una doble ventaja, económica y medioambiental, para las plantas que deseen persistir en el uso de métodos pirometalúrgicos tradicionales.

Pero el verdadero cambio en el sector del reciclaje de baterías usadas, es el uso de métodos hidrometalúrgicos para el tratamiento de la pasta de plomo. Hasta no hace mucho parecía muy remota esta posibilidad pero en los últimos años ya se ha estado experimentando para poner a prueba la validez de estos métodos y parece que pueden suponer una considerable mejora económica y medioambiental.

Una última alternativa, aunque no tiene por qué ser llevada a cabo en las propias plantas de reciclaje de baterías usadas, es la revalorización del ácido sulfúrico diluido del electrolito. Este hecho evitaría la enorme generación del lodo resultante de la neutralización del ácido y podría proveer a las propias fábricas de baterías de plomo del electrolito necesario para sus productos.

Resumiendo, la masiva aplicación de la batería de plomo como fuente de electricidad en la totalidad de automóviles del mundo provoca que la generación de baterías usadas sea enorme. A pesar de que contiene una gran cantidad de residuos contaminantes, en especial plomo y ácido sulfúrico, el bajo precio de la batería de plomo hace muy improbable su sustitución por otro sistema más ecológico en un futuro próximo.

Gran parte del consumo mundial de plomo está dedicada a la fabricación de baterías de plomo. Por otro lado, la recuperación del plomo presente en las baterías constituye una fuente fundamental en la producción de plomo. El estancamiento de la producción minera está provocando que el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso se establezca cada vez más como la actividad generadora de plomo más importante, otorgando un papel protagonista a la metalurgia secundaria. El objetivo del sector es alcanzar una situación de circuito cerrado, en que las necesidades de consumo de plomo puedan ser abarcadas por el sector del reciclaje de baterías de plomo fuera de uso.

La elevada generación de un residuo tan contaminante como son las baterías usadas, hace necesario un sistema de gestión eficiente. En muy pocos países existen redes de recogida homologadas para las baterías de plomo fuera de uso, lo que provoca que muchas de ellas no lleguen a ser recicladas. La creación de una categoría oficial que distinga a los puntos de recogida adecuados, así como una legislación que estimule a los usuarios a participar activamente en la gestión son requisitos fundamentales para sanear la gestión de baterías de plomo fuera de uso desde un punto de vista ecológico.

El reciclaje de baterías usadas se lleva a cabo, en la inmensa mayoría de casos mediante procesos pirometalúrgicos tradicionales. Estos métodos resultan poco rentables, además de muy contaminantes. La alternativa utilizada más

frecuentemente en la industria consiste en la desulfurización de la pasta de plomo presente en las baterías usadas. Este proceso, aunque reduce las emisiones de SO_2 , ralentiza las operaciones y es muy costoso.

La escasa rentabilidad que sufren las plantas de reciclaje de baterías de plomo fuera de uso, motivada por las crecientes restricciones medioambientales, así como el bajo precio del plomo, propician la búsqueda de alternativas. Los procesos hidrometalúrgicos pueden ser la solución ya que resultan mucho más limpios y su costo relativo de operación es menor, lo que provoca que la elevada inversión necesaria para la adquisición del equipo, pueda ser amortizada en poco tiempo. Esto permite que se pueda decir que el reciclado de baterías de plomo es beneficioso para las empresa que lo realizan aplicando este sistema. El ácido sulfúrico diluido, descartado para el reciclaje en los procesos convencionales, puede ser valorizado para su empleo en la producción de yeso, lo que aumentaría la rentabilidad y reduciría el impacto ambiental de las plantas de reciclaje de baterías de plomo fuera de uso.

7.3.3 Futuro de las baterías: Las baterías de litio

7.3.3.1 Situación actual

Las baterías de iones de litio no contienen mucho valor económico en su interior. Actualmente, el carbonato de litio es bastante barato y hace que actualmente no resulte viable económicamente recuperarlo de las baterías usadas.

El mayor problema de los coches eléctricos son las baterías. Las mismas nos sacan del problema de la contaminación ambiental que genera el petróleo, pero al parecer nos llevan a otro tipo de contaminación ya que las baterías, de ION Litio, por el momento, no se sabe exactamente como se reciclarán aunque las investigaciones están en marcha y ya se están reciclando baterías de ion litio de menor tamaño.

Desde una perspectiva medio ambiental, sería una mala noticia saber que disponemos de un nuevo tipo de baterías que nadie estaría dispuesto a reciclar. Aún cuando no sea económicamente rentable su reciclado, las baterías de litio contienen un buen número de sustancias que no nos gustaría tener en el agua.



Figura 67 Baterías de ion litio. Fuente: Empresa Toxco

Es un problema que se deberá solucionar rápidamente, ya que si la idea es que la mayoría de los coches del mundo tengan este combustible, es de suma urgencia ver como se puede reciclar de la manera más favorable.

Bosch calcula que, para equipar un vehículo con una potencia de 40 kW, capaz de circular a 120 km/h, necesita una batería de iones de litio con una capacidad de 35 kWh. A finales de 2009, la firma alemana todavía sitúa el coste de producción de este tipo de batería en 17.000 euros. Bosch cree que, con la tecnología y la reducción de costes lograda con las economías de escala, su coste puede descender en 2015 hasta los 8.000-12.000 euros.

7.3.3.2 Reciclado de las baterías de litio

El litio no es un combustible, sino una forma de almacenar energía. Es muy abundante en todo el planeta y no cabe plantearse que supondrá un problema de abastecimiento (como lo es el petróleo), sobre todo si disponemos de buenas tecnologías para su reciclado.

Es por esto que el Departamento de Energía de los EE.UU., financia a una compañía que recicla baterías de vehículos eléctricos (Toxco). El Departamento de Energía de los EE.UU. (D.O.E.) ha otorgado 9,5 millones de dólares a la compañía de California que planifica construir la primera planta de EE.UU. para el reciclaje de baterías de iones de litio de vehículos eléctricos. Toxco actualmente recicla baterías de ácido y plomo y de hidruros de níquel que son usadas hoy en día en los vehículos híbridos eléctricos. Actualmente, hay poca necesidad económica de reciclar baterías de iones de litio. Muchas baterías contienen sólo pequeñas cantidades, en peso, de carbonato de litio y el material es relativamente barato comparado con la mayoría de los metales restantes

La venta de vehículos híbridos eléctricos y de vehículos eléctricos todavía no ha despegado pero es importante el demostrar la capacidad para reciclar, esto será clave para demostrar que los vehículos eléctricos son realmente “verdes”, tanto

porque que su operación es libre de emisiones como porque son sostenibles en su diseño.

Cuando las baterías viejas llegan son enviadas al molido y son trituradas, permitiendo que con los componentes hechos de aluminio, cobre y acero puedan ser separados fácilmente. Las baterías más grandes que aún pudieran contener cargas eléctricas son congeladas criogénicamente con nitrógeno líquido antes de ser trituradas; a -325 grados Fahrenheit, la reactividad de las celdas se reduce a cero. El litio es entonces extraído inundando las cámaras de la batería en un baño cáustico que disuelve las sales de litio, que son filtradas y usadas para producir carbonato de litio. El lodo remanente es procesado para recuperar el cobalto, que es usado para hacer los electrodos de la batería. Alrededor de un 95 por ciento del proceso es completamente automatizado.

El fabricante de coches eléctricos Tesla Motors, al igual que la mayoría de los principales fabricantes, ya envía paquetes de baterías viejas o defectuosas a las instalaciones de Toxco en Trail para su reciclaje.

Para muchas baterías de iones de litio, el litio representa menos de un 3 por ciento de los costes de producción. La parte del litio es realmente un costo despreciable comparado con otros metales: níquel, cobalto, estos van a ser los grandes impulsores del reciclaje. Tesla actualmente hace dinero reciclando solamente los otros componentes reciclables (sin litio) de sus baterías. El cobalto, un subproducto de la minería de níquel y cobre, es también escaso y la mitad de las reservas mundiales provienen de la República Democrática del Congo, una región políticamente inestable. Algunas químicas de iones de litio son menos coste-efectivas para el reciclaje. Por ejemplo, las baterías de fosfato de hierro-litio producidas por los sistemas A123 no tienen un buen rendimiento en el reciclaje. Los materiales menos costosos en las baterías A123 le proveen a la compañía una ventaja sobre los competidores, pero también hace sus baterías menos económicas para ser recicladas.

La compañía consultora en investigaciones industrial Tru Group, dice que la recesión global ha llevado a un gran excedente de litio en el mercado, manteniendo los precios bajos. La consultora, sin embargo, espera que para el año 2013, la oferta y demanda estará balanceada otra vez y que el problema de abastecimiento puede ocurrir después del 2017. En el largo plazo, algunos observadores creen que la introducción en masa de los vehículos eléctricos e híbridos, combinado con el hecho de que muchas de las reservas de litio se encuentran en países extranjeros y potencialmente no amistosos, puede llevar a un gran ascenso en el precio del carbonato de litio.

Para el horizonte 2020, se estima que sólo en Japón se demandarán baterías de segunda mano de unos 50.000 vehículos eléctricos al año como mínimo, para: almacenar y estabilizar la energía solar y eólica, como fuente de energía de reserva y para la estabilización de carga para la red de suministro, por ejemplo.

Desde Nissan, aseguran que los consumidores quieren tener la certeza de que las baterías de ión de litio se pueden reutilizar y reciclar. De hecho, sus acumuladores no son sólo reutilizables, sino que contribuyen a crear soluciones para el almacenamiento de energía. Algo esencial para las renovables, y que contribuirá a lograr una reducción neta de CO₂ superior a lo que se logra con los vehículos que son totalmente eléctricos.

En concreto, las baterías de ión de litio de alto rendimiento que utiliza Nissan retienen entre un 70 y un 80 por ciento de su capacidad residual y se podrán reutilizar y revender a varias industrias como solución para almacenar energía.

Los pasos principales para el fin de vida de las baterías de litio serán:

- Reutilizar: iniciar el uso de baterías reutilizadas con aproximadamente el 70%-80% de capacidad.
- Revender: revender las baterías para varias aplicaciones.
- Re fabricar: desmontar el paquete de baterías y volver a montarlo y adaptarlo para que cumpla los requisitos del cliente.
- Reciclar: implementar el reciclaje al final del ciclo vital para rescatar las materias primas.

7.3.4 Alternativa a las baterías: Pila de combustible

A continuación se explica el funcionamiento de la pila de combustible y sus prestaciones aplicadas a los vehículos junto con el posicionamiento adoptado por los grandes fabricantes de automóviles.

7.3.4.1 Funcionamiento de la pila de combustible

Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos, que transforman energía química directamente en energía eléctrica, sin existir combustión y con un elevado rendimiento. Las pilas de combustible no disponen de partes móviles internas, y requieren el suministro continuo de combustible (normalmente H₂) para la producción de electricidad.

A diferencia de la pila eléctrica o batería, una pila de combustible no se acaba ni necesita ser recargada, funciona mientras el combustible y el oxidante le sean

suministrados desde fuera de la pila. En cambio, las pilas de combustible se asemejan a las baterías, ya que ambas están compuestas de dos electrodos (uno positivo, el cátodo, y otro negativo, el ánodo) con un conductor electrolítico entre ellos.

El sistema opera con dos tipos de gases, combustible y oxidante, que pasan a través de las superficies del ánodo y cátodo opuestas al electrolito respectivamente, como se puede apreciar en la Figura 68, y generan energía eléctrica por oxidación electroquímica del combustible, generalmente hidrógeno, y por reducción electroquímica del oxidante, normalmente oxígeno.

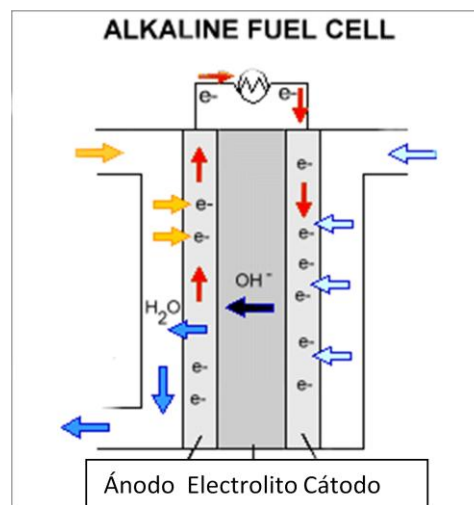


Figura 68 Esquema del proceso que tiene lugar en el interior de una pila de combustible. Fuente: FECYT

Se transforma entonces la energía química, almacenada en el enlace $H - H$ de la molécula H_2 , en energía eléctrica y vapor de agua. Este concepto nuevo ofrece ventajas sustanciales sobre la tecnología convencional de combustión, no solamente por el aumento de la eficiencia hasta niveles de 30-40% sino también porque la única emisión producida es vapor de agua.

El combustible y el oxidante se combinan en forma química mediante una reacción del tipo isotérmica para producir un trabajo eléctrico. En este tipo de operación, al realizarse isotérmicamente, las limitaciones termodinámicas para el rendimiento no existen. El combustible y el oxidante no se colocan juntos, sino que la operación se realiza mediante un electrodo, ya que en general, al juntar un combustible y un oxidante, las reacciones no son del tipo isotérmico.

Existen dos reacciones que ocurren en electrodos separados. En la superficie de un electrodo, se ioniza el combustible y envía los electrones liberados a un

circuito externo. En la superficie del otro electrodo ocurre una reacción que acepta los electrones que le son enviados por el circuito eléctrico externo y éstos, cuando se combinan con el electrolito, crean iones. Los iones de cada reacción se combinan en el electrolito para completar la reacción total.

Por tanto, hidrógeno y oxígeno son bombeados hacia ánodo y cátodo respectivamente. En el ánodo tienen lugar las reacciones de oxidación electroquímica del hidrógeno acompañadas de una generación de electrones y en el cátodo se producen las reacciones de reducción electroquímica del oxígeno con captación de electrones.

El hidrógeno pierde electrones en su reacción con los iones del electrolito, produciendo agua. Los electrones son conducidos (originando una corriente eléctrica) desde el ánodo (donde las moléculas de hidrógeno se oxidan, es decir, se separa un electrón de cada uno de los dos átomos de hidrógeno de la molécula para formar iones hidrógeno) hasta el cátodo (en el cual los iones hidrógeno, electrones y oxígeno forman agua) donde se combinan con el oxígeno y agua para volver a producir los iones gastados en la reacción del hidrógeno.

El resultado final es que hidrógeno y oxígeno se combinan para producir agua y electricidad. De este modo, la pila convierte la energía química de un combustible en electricidad directamente, sin recurrir a ningún ciclo de combustión intermedio.

Los electrodos tienen generalmente forma plana, de manera que ellos mismos delimitan los compartimentos de la pila y son porosos con objeto de permitir el contacto de los gases reactivos con el electrolito. El electrolito es necesario para transportar los iones, pero simultáneamente no es un conductor eléctrico, lo que impide que los electrones circulen por él y sean forzados a circular por el circuito eléctrico externo.

El esquema de una pila de combustible se muestra en la Figura 69. En este caso en particular se trata de una pila de hidrógeno y oxígeno, con un electrolito del tipo ácido. El agua que se obtiene como producto de la operación en la pila puede estar en fase líquida o bien gaseosa dependiendo de la temperatura de operación.

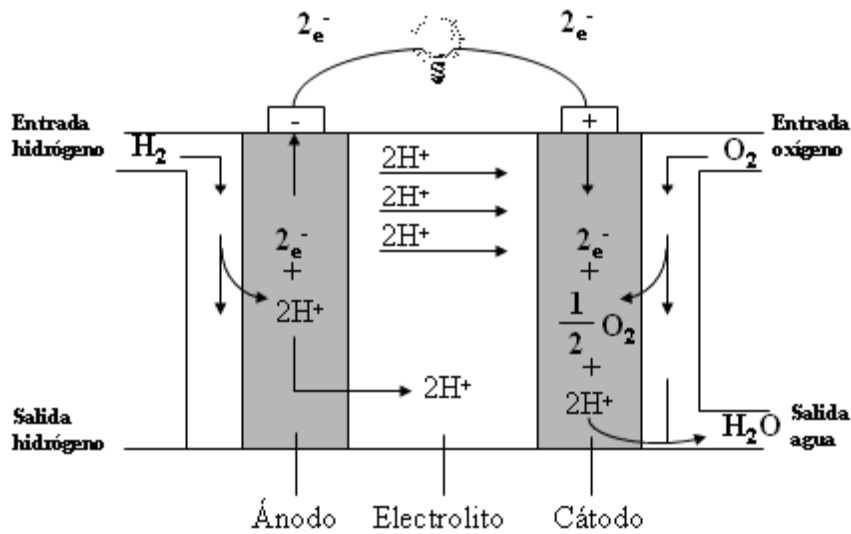


Figura 69 Esquema de una pila de combustible de hidrógeno. Fuente: Fundación Española de Ciencia y Tecnología. Fuente: FECYT

Es necesaria la eliminación de los productos de la reacción. El agua suele eliminarse en forma de vapor junto con el flujo de oxidante no utilizado (se pasa oxidante en exceso para conseguir este efecto). Generalmente, este hecho provoca que la temperatura de operación de la pila deba ser superior a los 100°C. El calor producido se elimina mediante un circuito de refrigeración externo. La reacción global de formación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno es espontánea, pero adolece de una cierta lentitud cuando transcurre de forma separada en cada uno de los electrodos. Es por ello que sobre la superficie de los mismos se suelen incorporar catalizadores que aceleran la reacción.

Su principio de funcionamiento es inverso al de una electrólisis. Por ejemplo, en la electrólisis del agua, se separa este compuesto en sus dos componentes, hidrógeno y oxígeno, mientras que en una pila de combustible se obtendría una corriente eléctrica por medio de la reacción entre estos dos gases expresada en la figura 70.

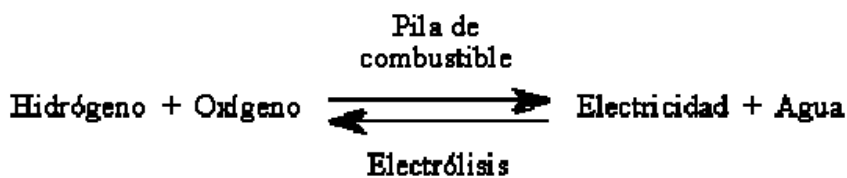


Figura 70 Funcionamiento pila combustible inverso a la electrólisis. Fuente: FECYT

Cabe señalar, que la célula de combustible no es suficiente para aplicaciones prácticas, ya que para ello, se han de unir varias de ellas para conseguir la potencia y tensión adecuadas, formando de esta manera una pila de combustible donde las células están unidas eléctricamente en serie.

Cada cierto número de células unitarias, se inserta un dispositivo que permite extraer el calor generado por la reacción electroquímica, manteniendo de esta forma la temperatura dentro de los márgenes óptimos para cada tipo de célula.

El calor extraído a través del circuito interno de refrigeración, es recogido mediante una serie de intercambiadores que lo entregan a un circuito externo, produciéndose en el mismo agua caliente o vapor, dependiendo de la temperatura de funcionamiento de la pila. La energía térmica así obtenida puede emplearse como tal, o bien utilizarse en la generación de una cantidad adicional de energía eléctrica, aumentando así el rendimiento del sistema.

En la Figura 71 puede apreciarse una apilación de células de combustible constituyendo una pila de combustible.

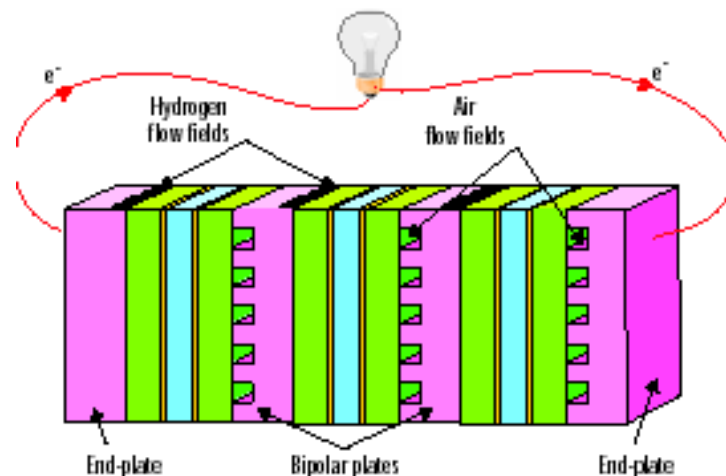


Figura 71 Representación de una pila de combustible con tres células de combustible, dos placas bipolares y dos placas finales. Fuente:

Tecno ciencia

Las pilas de combustible han conseguido logros técnicos impresionantes. Un ejemplo es Ballard, que es el productor de pilas para coches más conocido a nivel mundial. Los principales obstáculos son los costes, la duración y el arranque-frío. En la tabla 34.

	2002	2003	2004	2005	objetivo 2010
Densidad de potencia [W/l]	777	905	1205	1470	2500
Duración [h]	200	700	2000	2160	5000
Arranque frío, 50% potencia [seg.] (bei 15°C)	150	50 (bei -15°C)	8 (bei -15°C)	16 (bei -20°C)	30 (bei -30°C)
Costes [US\$/kW]	125	120	81	73	30

Tabla 34 Evolución de las pilas de combustible. Logros alcanzados.

Fuente: [Budd 2006]

7.3.4.2 Ventajas de la pila de combustible

Las pilas de combustible, presentan numerosas ventajas respecto a los sistemas de producción energética basados en combustibles fósiles y/o derivados del petróleo. Algunas de estas ventajas son:

- Las células pueden combinarse mediante una distribución modular en serie y en paralelo para producir el voltaje y la potencia deseados.
- Permiten la admisión de distintos combustibles para su funcionamiento.
- Admiten la posibilidad de la cogeneración.
- El rendimiento en el proceso de producción y transformación de energía que tiene lugar es mayor que mediante el procedimiento de combustión directa de los hidrocarburos.
- Capacidad de producción de energía eléctrica a partir de un combustible de manera continua.
- Ínfimo nivel de emisión de contaminantes.
- Surgen como una nueva fuente energética constituyendo uno de las principales sustitutos de los combustibles fósiles y posibilitan una diversificación de las fuentes de energía existentes.
- Tienen un extenso ciclo de vida debido a que no contienen elementos móviles.

En el caso del transporte, la aceptación por parte de los clientes depende de la existencia de una infraestructura de repostaje generalizada. Pero constituir una infraestructura dedicada al hidrógeno exige una cuantiosa inversión de capital, del orden de varios centenares de miles de millones de euros. Este es, pues, un obstáculo importante para la comercialización. Las estaciones de repostaje de hidrógeno pueden utilizar hidrógeno producido local o industrialmente. Para efectuar las primeras demostraciones podría desarrollarse la actual red europea

de conductos de hidrógeno (de unos 1.100 km de longitud), que ha servido a la industria durante muchos años.

El hidrógeno líquido se distribuye también rutinariamente mediante camiones, y podría expandirse fácilmente la capacidad actual para hacer frente hasta a un 5% de vehículos nuevos. También es posible combinar el hidrógeno con gas natural y distribuirlo a través de los conductos de gas natural. Deberían investigarse las tecnologías de reformado a bordo, que aprovechan la infraestructura actual, al tiempo que se desarrollan unas tecnologías de almacenamiento y repostaje de hidrógeno viables.

Se espera que la introducción de vehículos de hidrógeno, comience en flotas de autobuses y de vehículos de entrega urbana de mercancías explotadas de forma centralizada en grandes ciudades, densamente pobladas, antes de incorporarse los automóviles privados. Ver figura 72.

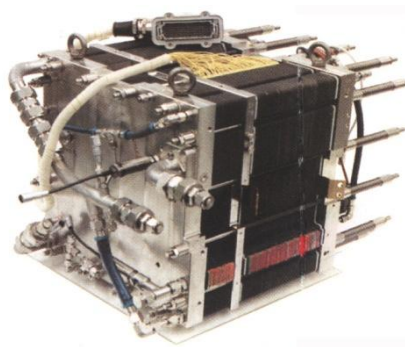


Figura 72. Pila de combustible de un autobús de pasajeros MAN.

Fuente: MAN

En las grandes ciudades españolas, ya es posible ver en funcionamiento transporte público (autobuses urbanos), que utilizan esta tecnología. Los autobuses urbanos resultan atractivos a causa de las instalaciones de repostaje centralizadas, la disponibilidad de personal cualificado, la tradición técnica de las empresas de transporte público, los intensos horarios de servicio en condiciones arduas de congestión y su capacidad para concienciar a la población. A partir de estos núcleos emplazados estratégicamente podría irse desarrollando luego una red de energía de hidrógeno.

7.3.4.3 La pila de combustible para los fabricantes de vehículos

Hace años que existen multitud de submarinos y de cohetes que se mueven por hidrógeno, pero todavía queda la tarea más importante que es conseguir que

sea un sistema económico para que lo usen los coches. Además, también hay que crear una infraestructura para repostar y mantener estos vehículos.

Numerosos fabricantes han comenzado la fabricación de vehículos de hidrogeno y están esperando a que el principal problema, que exista la infraestructura de abastecimiento, esté disponible para el público en general. El otro problema es su coste elevado que espera reducirse con la fabricación masiva (economía de escala). Ver figura 73.

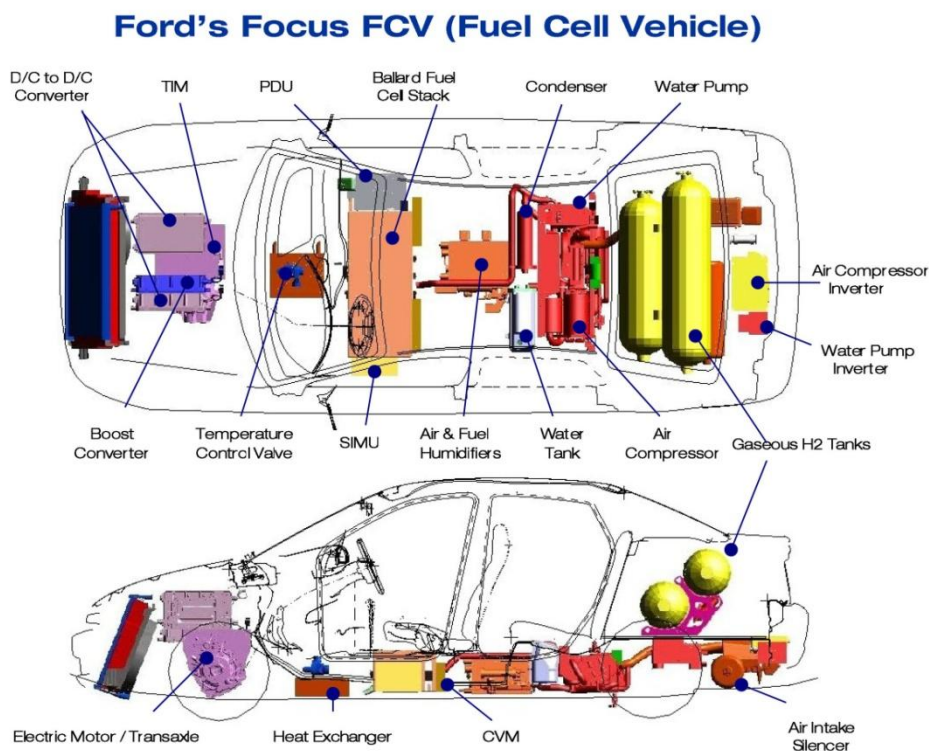


Figura 73 Esquema de un automóvil con pila de combustible. Fuente:

FORD

Daimler AG, fabricante de los automóviles Mercedes-Benz, ha sido la encargada de anunciar la Carta de Entendimiento (Letter of Understanding, LoU) que han firmado conjuntamente con Ford Motor Company, General Motors Corporation, Honda Motor Co., Ltd., Hyundai Motor Company y su empresa hermana KIA Motors Corporation, la alianza entre Renault SA y Nissan Motor Corporation y, finalmente, Toyota Motor Corporation. El objetivo de esta carta es, por una parte, formar un grupo de presión para instar a las compañías distribuidoras y a los gobiernos a que se pongan manos a la obra en la creación de una red de distribución de hidrógeno estandarizada en los diferentes países, ya que, como podemos ver en la figura 74, la red es insuficiente.

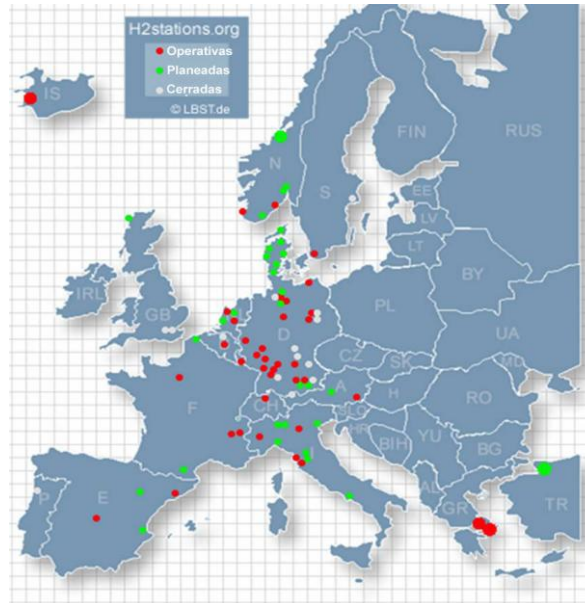


Figura 74 Estaciones de servicio H₂ en Europa (2007). Fuente: LBST

Dado que todas estas empresas ya han iniciado por cuenta propia sus estudios, en este sentido, la nueva alianza supondrá un significativo avance para encontrar soluciones que hagan comercialmente viable una tecnología, que en la actualidad, implica un coste demasiado elevado respecto a los vehículos con motores de combustión interna.

La expectativa del grupo de empresas, es contar a partir de ahora con la suficiente capacidad para acelerar el proceso de desarrollo, de forma que a partir del año 2015 podrían comercializarse una cantidad bastante significativa de vehículos eléctricos con pila de combustible.



8 PUNTOS DÉBILES DETECTADOS EN EL PROCESO DE RECOGIDA DE RESIDUOS

Los principales agentes implicados en la generación de residuos del automóvil son, los fabricantes de materias primas, los fabricantes de componentes, los fabricantes de automóviles, los usuarios, los talleres, los CAT, los gestores de residuos, los fragmentadores y las empresas recuperadoras, recicladoras y revalorizadoras.

En la figura 75 se representan los principales agentes implicados en la generación de residuos del automóvil, así como las interacciones que hay entre dichos agentes durante el ciclo de vida de los vehículos.

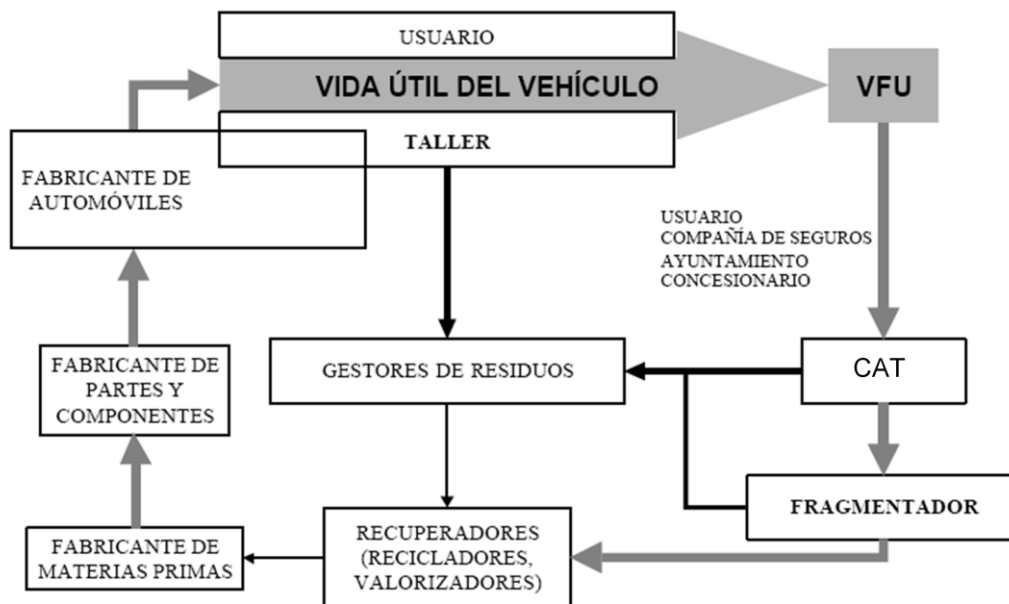


Figura 75 Esquema del sistema de generación de residuos durante el ciclo de vida del automóvil. Fuente: SIGRAUTO

Entre otros aspectos, se destaca el papel del fabricante de automóviles, ya que está estrechamente relacionado con otros agentes, como los talleres, servicios técnicos oficiales o talleres de concesionarios.

Los fabricantes de automóviles gestionan sus fábricas teniendo muy en cuenta las indicaciones y obligaciones ambientales. En sus procesos intentan minimizar los residuos y reciclar o recuperar la máxima cantidad de residuos. Además como responsables de los residuos que genera un vehículo al final de su vida útil, se han organizado las asociaciones AEDRA, ANFAC, ANIACAM y FER para crear asociaciones como SIGRAUTO, que tienen como objetivo ayudar a las



empresas a cumplir con las responsabilidades ambientales de éstas y solucionar de forma adecuada los problemas, que afectan al tratamiento de vehículos al final de su vida útil.

Aunque siempre es posible mejorar desde el punto de vista medioambiental, podemos afirmar que por ahora van cumpliendo con sus obligaciones, de manera que van reduciendo cada vez más el impacto que producen los vehículos al final de su vida útil.

El eslabón más irregular en la cadena de reciclado, es el sector de los talleres, en parte debido a que está formado por empresas con tipologías muy diferentes, talleres oficiales, concesionarios, talleres independientes, que en muchos casos no disponen de las instalaciones ni del personal más adecuado para organizar adecuadamente el almacenado y la gestión de los residuos.

Es por ello que en puntos posteriores de éste estudio se evaluarán las deficiencias que presentan los talleres y se propondrán soluciones, como por ejemplo la creación de una red que se ocupe de gestionar, informar y recoger adecuadamente los residuos que generan los talleres (más de 75 toneladas anuales en Cataluña).

9 PROPUESTA DE RED DE RECOGIDA EN TALLERES

La gestión de residuos en los talleres de reparación de vehículos, es una actividad que ha ido mejorando progresivamente en la última década, gracias en gran medida, a la progresiva concienciación de la sociedad, una mayor regulación y el aumento de los controles y las sanciones. Esta gestión no es en absoluto sencilla. En un taller de reparación se generan aproximadamente 34 residuos distintos, de los cuales, 18 tienen la consideración de peligrosos, lo que implica tener un gestor para cada uno de ellos, depósitos adecuados para los mismos, una compleja gestión administrativa como productor de esos residuos, etc.

Aún así, en los últimos 2 ó 3 años se han desarrollado una serie de nuevas normas dirigidas a regular algunos flujos específicos de residuos, añadiendo nuevos problemas, a la ya de por sí compleja situación antes descrita. Concretamente, en los últimos dos años se han publicado los Decretos relativos a la gestión de los neumáticos de reposición y de los aceites usados (que no dimanen de ninguna Directiva Europea) y el Decreto relativo a la gestión de pilas y acumuladores, que es el resultado de la transposición de una Directiva, siendo España el primer país de la UE en hacerlo.

Para el cumplimiento de todas estas obligaciones sobre flujos de residuos concretos, la fórmula que han empleado los productores (responsables finales de la gestión de dichos residuos) ha venido siendo la creación de Sistemas Integrados de Gestión (SIG). De forma general, con estos SIGs, los productos en cuestión han visto incrementado su precio y además ha sido necesario realizar cambios administrativos, en los procesos de gestión y en los sistemas de facturación incorporando, entre otras cosas, el sobrecoste.

A la vista de la situación descrita y teniendo pendiente todavía el desarrollo de una normativa que regule la gestión de las piezas sustituidas en los talleres por avería, razones de seguridad u obsolescencia, las empresas de ANFAC y buscan una solución que minimice estos impactos en los fabricantes de automóviles.

Se trataría de crear un sistema, con el propósito de organizar la gestión de todos los residuos generados en los talleres a través de un único interlocutor, garantizando el cumplimiento de toda la normativa, buscando la optimización a través de la incorporación del mayor número de talleres posibles y dando lugar a una importante reducción de costes por las economías de escala y las ventajas de una logística conjunta.

Es necesario involucrar en la solución, a todos los agentes económicos implicados en esta gestión, desde los fabricantes de componentes, distribuidores de recambios y talleres, hasta los gestores de residuos.

Una parte importante de los residuos generados en los talleres, son los componentes de recambios al llegar al final de su vida útil a los que llamaremos CFU (Componentes fuera de uso).

9.1 Problemática en el establecimiento de las responsabilidades: Leyes y normativas

Es importante recordar algunas observaciones acerca de las leyes y normativas que son necesarias para comprender la problemática actual y que nos abrirán el camino hacia la solución de algunos de los problemas presentes, en el reciclado de componentes.

En el artículo 7.1 de la Ley 10/98 de Residuos aparece el concepto de "Responsabilidad del productor".- ***"El productor...o cualquier otra persona responsable de la puesta en el mercado de productos que con su uso se conviertan en residuos, podrá ser obligado a: Hacerse cargo directamente de la gestión de los residuos derivados de sus productos, o participar en un sistema organizado de gestión de dichos residuos, o contribuir económicamente a los sistemas públicos de gestión de residuos, en medida tal que se cubran los costos atribuibles a la gestión de los mismos."***

En el artículo 5.1 de la Directiva 2000/53/CE, relativa a los vehículos al final de su vida útil, se establece la posibilidad de crear sistemas de recogida de los residuos de piezas generados en las operaciones de reparación ***"si resulta técnicamente viable"*** –El artículo nos dice: "Los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para garantizar que ***los operadores económicos establezcan sistemas de recogida*** de todos los vehículos al final de su vida útil y, en la medida en que resulte técnicamente viable, ***de las piezas usadas que constituyan residuos***, retiradas con ocasión de las ***reparaciones de turismos...***"

En el Real Decreto 1383/2002 sobre la gestión de vehículos al final de su vida útil, el artículo 6.2 dice: ***"Los productores de vehículos se harán cargo de los de la marca que comercialicen o hayan comercializado que les sean entregados***, a efectos de su traslado a un centro autorizado de tratamiento para que proceda a su descontaminación, garantizando la disponibilidad de instalaciones de recepción en todo el territorio nacional." En cuanto a los productores de componentes, dice el mismo artículo: "Los productores de

componentes de los vehículos establecerán sistemas de recogida de aquéllos, cuando por avería, razones de seguridad u obsolescencia deban sustituirse, para que sean entregados a gestores autorizados que los traten y valoricen”.

Así pues, los productores de vehículos serán responsables de los vehículos al final de su vida útil y de todos los componentes que se encuentren en el mismo en dicho momento y los **productores de componentes** deberán gestionar los residuos de dichos componentes cuando “ **deban sustituirse por avería, razones de seguridad u obsolescencia**”

Aquí aparece un problema planteado a raíz del real Decreto 1383/2002, sobre Gestión de Componentes al final de su vida útil durante la vida útil del vehículo y que es la imposibilidad de establecer la trazabilidad de las piezas de recambio a efectos de establecer la responsabilidad sobre la gestión del residuo y la distribución de costes. Ver figura 76.

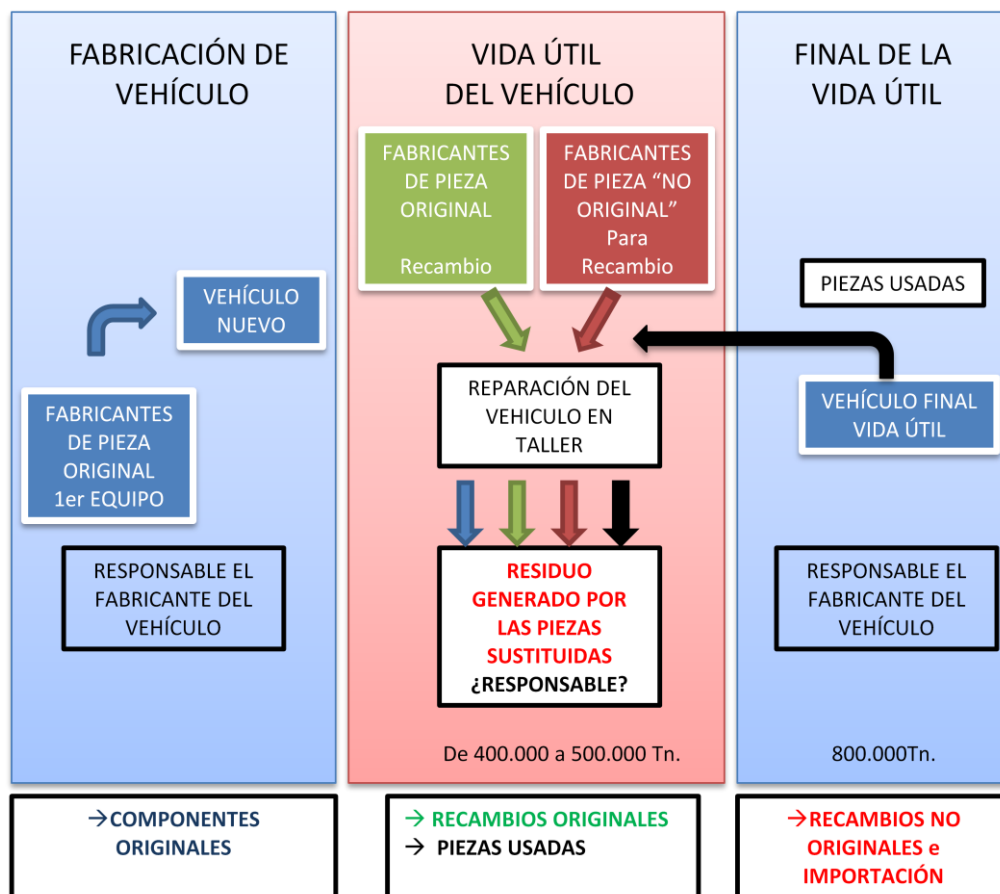


Figura 76. Circuito recorrido por los recambios y sus residuos.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SERNAUTO.

Para plantear una solución se comenta primero el caso de los neumáticos que están regulados por el Real Decreto 1619/2005 sobre la gestión de Neumáticos Fuera de Uso (NFU). El artículo 2 dice: “A los efectos de este real decreto se entiende por: ...b) Productor de neumáticos: la persona física o jurídica que fabrique, importe o adquiera en otros estados miembros de la Unión Europea, neumáticos que sean puestos en el mercado Nacional.” Y en el artículo 4 que define las obligaciones del productor de neumáticos: “1. **El productor de neumáticos está obligado individualmente a recibir los neumáticos fuera de uso, hasta la cantidad puesta por él en el mercado nacional de reposición, bien porque le sean entregados por los generadores o por los poseedores de éstos, bien porque sean recogidos por él mismo. Asimismo garantizará que todos estos neumáticos fuera de uso se gestionan debidamente, de conformidad con el principio de jerarquía recogido en el artículo 1.1. de la Ley 10/1998, de 21 de abril.**” “3. Los productores de neumáticos deberán cumplir las obligaciones establecidas en este artículo, bien realizando directamente la gestión de los neumáticos fuera de uso derivados de los neumáticos que hayan puesto en el mercado nacional de reposición, o entregándolos a gestores autorizados de neumáticos fuera de uso, bien participando en un sistema de gestión, según el art. 8, bien contribuyendo económicamente a los sistemas públicos de gestión de neumáticos fuera de uso, **en medida tal que cubran los costos atribuibles a la gestión de los mismos.**”

Se establece pues, para el caso de los neumáticos, un principio de reciprocidad de forma que el productor que pone los neumáticos en el mercado de reposición se ha de hacer cargo de neumáticos fuera de uso (NFU) hasta la cantidad puesta en el mercado nacional de reposición.

A partir de este hecho se propone que se establezca un principio de equivalencia del residuo o principio de reciprocidad también para los CFU (Componentes Fuera de Uso).

Según este principio, los fabricantes de piezas y componentes serían responsables de unas piezas y componentes fuera de uso equivalentes (en tipo) a las que han puesto en el mercado, lo que no significa que sean responsables de las mismas piezas y componentes que físicamente han comercializado. Es decir, los fabricantes de piezas y componentes para el primer equipo, no serían responsables de las piezas y componentes suministradas en primer equipo, ya que lo son los fabricantes del vehículo al final de su vida útil, mientras los fabricantes de piezas para el mercado de recambio, serían responsables de la pieza sustituida. En la siguiente figura 77 se puede ver un esquema con la propuesta.

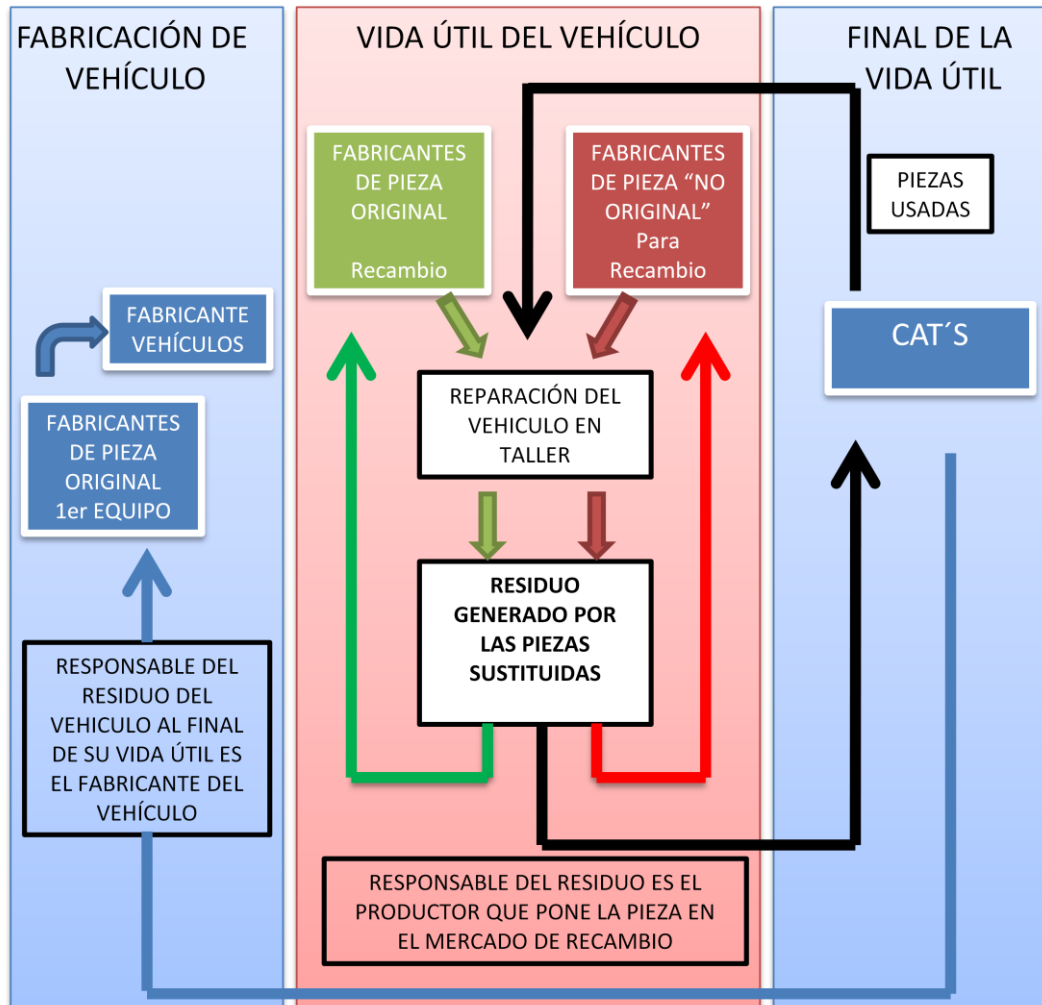


Figura 77. Circuito de responsabilidad de los CFU. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SERNAUTO.

De esta forma se establecerían dos circuitos independientes:

- Las piezas y componentes que forman parte del vehículo fuera de uso VFU, cuya responsabilidad sobre la gestión de las mismas recae sobre el constructor del vehículo.
- Las piezas y componentes fuera de uso generados durante la vida útil del vehículo, cuya responsabilidad sobre la gestión recae sobre el agente que suministra en el mercado de recambio. Se aplicaría así el principio "Vendo una pieza y retiro el residuo generado en el cambio o reparación".

Así pues, como resumen se propone:

- Establecer un principio de reciprocidad similar al establecido en el RD 1619/2005 sobre Gestión de los NFU, en virtud del cual los productores

de componentes serian responsables del residuo de las piezas puestas por ellos en el mercado de reposición, hasta la cantidad puesta por ellos en el mercado.

- Establecer un único sistema de gestión de recogida de residuos, para reducir los costes logísticos (SIG).
- Priorizar la reutilización de componentes, no considerando residuo a las piezas que se reutilicen, para facilitar su devolución al reparador desde el taller.
- Repercutir en la factura de venta al usuario final, especificando el coste económico de la gestión del residuo.

9.2 Problemas actuales de los talleres

Debido a que hace unos años que existe una concienciación medioambiental cada vez mayor por parte de los ciudadanos que deriva en una mayor demanda de productos respetuosos con el medioambiente, el grado de interés que muestran los talleres mecánicos por el reciclado es elevado y hay una extensa concienciación de la responsabilidad del taller en la incidencia medioambiental de sus actividades.

El principal problema de los talleres mecánicos es que no disponen de las técnicas adecuadas, fáciles y baratas que puedan suponer grandes ahorros en cuanto a la gestión de residuos. Es necesaria la implantación de buenas prácticas para la consecución de estos objetivos. Entre estas buenas prácticas se encontrarían la reducción del gasto energético, la reducción del uso de materia prima, la reducción de emisiones y la valorización de residuos.

Los talleres mecánicos van incrementando progresivamente el control que realizan sobre los recolectores de sus residuos pero todavía se encuentra muy lejos del nivel de control que ejercen sobre otros aspectos clave de su negocio.

En la mayoría de casos existe una dispersión y desconocimiento de los costes reales que ocasionan los servicios medioambientales y no disponen de formación en temas medioambientales y sus principios creando problemas en sus actuaciones.

Muchas veces el problema es que las instalaciones no disponen del espacio suficiente para almacenar los residuos de una manera adecuada hasta que los gestores de recogida de cada uno de los residuos realicen el transporte. Esto genera problemas de espacio además de derrames derivados de la falta de conocimiento del personal de los talleres. Existe una dispersión de criterio en cuanto a la organización interna del taller y en cuanto a la gestión del

almacenado temporal que no está estandarizado. Toda la gestión de los residuos genera unos gastos administrativos y por lo tanto necesitan de personal dedicado a ello además es necesario realizar un correcto etiquetado de cada uno de los residuos.

Resumiendo podríamos decir que los principales problemas son:

- Debido a la gran variedad de residuos existentes en los talleres y las diferentes vías de recogida, el grado de adecuación a las exigencias normativas no es homogéneo en todos los casos.
- La falta de programas formativos e informativos progresivos y permanentes genera la existencia de percepciones subjetivas y comportamientos arbitrarios respecto a los residuos.
- El almacenado y clasificación de los residuos en los talleres con vistas a su gestión está muy poco estructurada.
- Se hace necesaria la utilización de soluciones prácticas para el almacenado y etiquetado de los residuos de forma que se adecuen a los limitados espacios de los talleres, a los métodos de trabajo y a las normativas de seguridad.
- Los talleres llevan un escaso control de la gestión de los residuos y sobre todo de los costes reales que les ocasionan los servicios medioambientales.

Es por ello que creemos que el sector está reclamando soluciones y es necesaria la creación de un servicio integral de recogida y gestión de los residuos de los talleres que ayude a solucionar las deficiencias.

9.3 Características de la red de recogida propuesta

Después de proponer como deben repartirse las responsabilidades y ver las principales problemáticas del sector de los talleres, es necesario determinar que características debe cumplir la red de recogida de residuos de los talleres para resultar adecuada y eficiente.

Se trataría de establecer un sistema voluntario que garantice la recogida y adecuada gestión de los residuos que se generan durante la vida útil del vehículo (en los talleres). De esta forma tras la recogida del residuo del taller y su separación selectiva en las instalaciones de almacenamiento intermedio, se conseguirá su máxima recuperación, ya sea mediante el retorno al fabricante, su entrega a un centro tecnológico (previamente homologado) o el reciclado de materiales, asegurando una correcta gestión y tratamiento de los componentes no valorizables y de los residuos peligrosos mediante gestor autorizado.

Las principales características y funciones a realizar por este gestor único serían:

- Realizar el asesoramiento y la formación medioambiental que recojan las exigencias de la normativa a todos los niveles y las traduzca en métodos y herramientas de trabajo prácticas para el taller.
- Debería ser un servicio integral de recogida y soluciones de almacenamiento con la garantía de estar cumpliendo debidamente la normativa vigente en todo momento.
- Gestionar la recogida de todos los residuos generados en los talleres, no únicamente los residuos que resulten viables económicamente.
- Realizar una recogida adaptada a cada taller en cuanto a periodicidad en la recogida. Establecer los criterios a seguir para el cobro de una tasa de reciclaje en cada una de las operaciones realizadas en los talleres para que el coste del reciclado no repercuta únicamente en ellos.
- Crear centros de selección de residuos adecuados y proporcionar la logística necesaria para cubrir todo el territorio.
- Fomentar la aplicación de Buenas prácticas medioambientales en los talleres.

Las Buenas prácticas medioambientales deben ser fomentadas ya que son una eficaz herramienta para la minimización del impacto ambiental negativo que producen los productos, procesos y servicios de una industria sobre el medio ambiente. Cuando se habla de corrección de impacto ambiental, automáticamente tendemos a asociarlo a un gasto cuantioso en tecnologías más avanzadas y menos contaminantes o a cambios radicales del proceso productivo, pero no siempre esto tiene que ser así. Las Buenas Prácticas son consejos de fácil aplicación, sin apenas coste de implantación y sin una variación excesiva del modo de producción, suponiendo fundamentalmente un cambio de mentalidad.

Algunas buenas prácticas y recomendaciones que deberían fomentarse son las que se detallan en el anexo F.

9.4 Funcionamiento de la red

Para la creación de la red es de gran interés el poder llegar a establecer lazos de colaboración con las principales asociaciones ya existentes, como por ejemplo SIGRAUTO que está constituida por los principales sectores involucrados en el tratamiento de los vehículos (ANFAC, ANIACAM, AEDRA Y FER), SERNAUTO, FACONAUTO y los principales gremios de talleres independientes del país.

Los talleres se incorporaran a la red de recogida y recibirán unas identificaciones para poder garantizar e informar a los clientes que los residuos generados en las reparaciones de sus automóviles son gestionados adecuadamente.

En función de las necesidades de cada taller se proporcionará la información y formación necesaria para introducir las Buenas prácticas medioambientales en los talleres asociados con el fin de reducir la generación de residuos y mejorar su gestión y almacenamiento interno en los talleres.

El gestor único establecerá las recogidas en función de las necesidades de los talleres asociados ya que la disponibilidad de espacios es muy diversa en función del tamaño del taller y su ubicación. Cuanto menos acumulación de residuos pendientes de recogida mejor porque se evita de esta manera vertidos o accidentes relacionados con dichos residuos.

Al tratarse de un único gestor se reducen las tareas administrativas y de seguimiento por parte del taller ya que el gestor se encargará de recoger todos los residuos, no únicamente los que conlleven un beneficio económico, evitando de esta manera que los talleres eliminen ciertos residuos como trapos contaminados o envases junto con los residuos urbanos. Además se facilita al taller una mayor claridad en los costos de la gestión de todos los residuos debido a que una dispersión de recogedores representa un mayor esfuerzo por parte del taller, tanto económico como de dedicación.

Una vez realizada la recogida, termina la responsabilidad del taller en cuanto a dichos residuos y es el gestor autorizado el que deberá clasificar los residuos de forma adecuada en su centro de Recogida de Transferencia (CRT) donde realizará la concentración, clasificación y pretratamiento de cada residuo para su reenvío a plantas autorizadas de tratamiento final más adecuado en cada caso. El circuito sería muy parecido al que hemos podido ver que utilizan los SIG (SIGNUS, SIGAUS, TNU...) pero lo interesante es que recogería todas las tipologías de residuos a la vez evitando los problemas que tienen los talleres para realizar su correcta gestión.

9.5 Repercusión de costes

Según los dos principios generales de responsabilidad sobre los que pivota la normativa medioambiental que emana de la UE y que se traspone al Estado español y a Cataluña, por una parte, “quien contamina paga”, y por otra, los fabricantes son responsables de poner en el mercado los productos de la manera más ecológica posible.

La normativa prevé los Sistemas Integrados de Gestión (SIG), como por ejemplo funcionan el de neumáticos (SIGNUS) y los de aceites usados (SIGAUS). Los SIG están organizados por los fabricantes de un determinado producto y han de ser previamente autorizados por las administraciones estatales y autonómicas. La normativa dice que “los fabricantes deben informar a los usuarios sobre la repercusión en su precio final de los costes de gestión del producto que se generarán tras su uso, y que dicha información tendrá que ser desglosada en la factura”. Así pues el taller deberá reflejar de manera desglosada en las facturas de las sustituciones del producto en sus clientes, el coste repercutido que el SIG indique como consecuencia de la gestión del residuo del producto.

En cuanto al resto de costes que no estén incluidos en un SIG, la Comisión de Cooperación de Consumo del Ministerio de Sanidad y Consumo aceptó que mientras no esté funcionando un SIG del producto, los talleres podrán “actuar como meros intermediarios receptores de los residuos generados fuera del ejercicio de su actividad empresarial, a los que puede acudir el consumidor para entregar aquellos residuos que obren en su poder y en consecuencia pueden cobrar dicha gestión al usuario”.

Detallar la gestión integral de residuos en la factura demuestra al usuario el compromiso del taller con el medio ambiente y la calidad pero el taller sólo podrá repercutir los costes de gestión si tiene debidamente documentados:

- Los costes que paga: facturas de la recogida indicando el servicio prestado.
- La documentación acreditativa de la gestión de reciclaje: FI, FS, JRR, albaranes de porte o lo que proceda.

Utilizar los servicios de gestión integral de residuos facilita al taller una mayor claridad en los costes de la gestión de todos los residuos, ya que ahorra dedicación operativa y administrativa del taller. La gestión de residuos del vehículo es un servicio que el taller presta al usuario.

10 CONCLUSIONES

Las normativas existentes como por ejemplo la Directiva Europea 2000/53/CE, trasladada en España al RD 1383/2002 han contribuido a las mejoras tan sorprendentes obtenidas en muy pocos años en el tratamiento de los Vehículos Fuera de Uso, hasta hace bien poco podíamos ver la imagen de vehículos destrozados en los desguaces amontonados durante años sin ser de ninguna utilidad. Esta normativa tiene fuertes implicaciones en toda la cadena que va desde los fabricantes de componentes y montaje de vehículos hasta las empresas desmanteladoras, pasando por los concesionarios, talleres y por los mismos propietarios de los vehículos. Además otorga a los fabricantes de vehículos una serie de obligaciones y la responsabilidad de gestionar adecuadamente los residuos al final de la vida útil de los vehículos, que han puesto en el mercado. Para hacernos a una idea, por España actualmente circulan más de 27 millones de vehículos que tarde o temprano se convertirán en residuos sin olvidarnos de todas las reparaciones y cambios de líquidos que sufrirán a lo largo de su vida útil.

Es por ello que los fabricantes de automóviles junto con importadores, desguazadores y fragmentadores, han creado durante estos últimos años asociaciones que han permitido cumplir con las exigencias que Europa pedía para 2006, llegar a recuperar el 85% del peso del vehículo en su fin de vida. En España, se están cumpliendo estas cifras gracias a la creación de una red de Centros Autorizados de Tratamiento conocidos como CAT's, (más de 900 en todo el territorio), que permiten recuperar cerca de 800.000 toneladas al año a partir de los residuos de los 900.000 vehículos que se dan de baja anualmente en España.

Además de la creación de estas asociaciones como SIGRAUTO, los fabricantes apuestan cada vez más por medidas proactivas intentando adelantarse al cumplimiento de futuras normativas eliminando de sus procesos de fabricación y ensamblaje los materiales más nocivos para el medioambiente. En ningún momento hay que olvidar que Europa exige para el 2015 que se reutilice o valore un mínimo del 95% del peso medio por vehículo y año. Es por ello que son necesarias nuevas mentalidades como el diseño para el reciclado donde las posibilidades de reciclaje de los componentes pase a ser un valor primordial previo a la elección y utilización en la cadena de montaje.

Las conclusiones obtenidas después de analizar el proceso seguido por los fabricantes en las fases de diseño y fabricación en planta, nombrando las mejores prácticas empleadas en la actualidad son las siguientes:

- Los fabricantes deben seguir premisas que faciliten el proceso de reciclaje de sus vehículos que comienzan ya en la fase de diseño y deben de trasladar a los proveedores la idea del diseñar componentes de fácil reciclado intentando mezclar lo mínimo posible los componentes que los forman. Es necesario que cada automóvil pueda desmantelarse de forma rápida y sencilla gracias a la construcción modular y a técnicas de unión que no utilicen elementos metálicos.
- Tal y como hemos comentado la selección de los materiales se debe llevar a cabo siguiendo criterios que, ayuden a evitar la producción de sustancias contaminantes durante la producción, la utilización y el reciclado. Los materiales utilizados, como por ejemplo los plásticos, deben estar codificados para que puedan ser identificados con facilidad durante el desmantelamiento.
- Los depósitos de líquidos del vehículo, como por ejemplo el radiador o el cárter del aceite, deben ser contruidos de tal modo que puedan vaciarse con facilidad y sin dejar residuos.
- Si la capacidad de funcionamiento está garantizada, los fabricantes deben optar por materiales reciclados ante materiales nuevos, aún siendo el precio el mismo. Son muchos los componentes en los que se han utilizado materiales reciclados, como por ejemplo en las cubiertas de los pasos de rueda, en elementos de insonorización o en recipientes de baterías pero sin duda hay que apostar cada vez más por su utilización y por cambiar la mentalidad del consumidor que todavía es reticente al uso de piezas recuperadas.
- Suprimir la utilización de metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente es primordial para reducir la contaminación que generarán en un futuro los automóviles.

Es necesario establecer y definir también, la responsabilidad de los fabricantes de componentes. En la actualidad los fabricantes o ensambladores de vehículos, son responsables de los componentes que se encuentran en el interior del vehículo al ponerlo en el mercado, al igual que lo son de los componentes que forman parte de los VFU's. Por otro lado los componentes repuestos en los servicios de talleres son responsabilidad de los fabricantes de componentes. Está claro que el componente remplazado en una avería no tiene porque pertenecer a la misma marca que el que lo sustituye, entonces, para poder estimar dicha cantidad de piezas de las cuales son responsables, propongo aplicar un principio de equivalencia tal y como se utiliza para otros residuos como por ejemplo los neumáticos, donde el productor que pone los neumáticos en el mercado de reposición se ha de hacer cargo de neumáticos fuera de uso (NFU) hasta la cantidad puesta en el mercado nacional de reposición.

En la actualidad la recogida de estos residuos, como neumáticos y aceites usados, se realiza mediante unos SIG creados por los fabricantes e importadores con la intención de cumplir con sus obligaciones ambientales. El problema es que únicamente se ocupan de recoger su producto y esto genera problemas a los talleres ya que necesitan gestionar cada residuo por separado con los problemas administrativos y los gastos que eso conlleva.

Durante el estudio, se ha detectado que el eslabón más irregular en la cadena de reciclado, es el sector de los talleres, en parte debido a que está formado por empresas con tipologías muy diferentes, talleres oficiales, talleres independientes, que en muchos casos no disponen de las instalaciones ni del personal más adecuado para organizar adecuadamente el almacenaje y la gestión de los residuos. Se estima que los talleres mecánicos producen en un año cerca de 75.000 toneladas de residuos en Cataluña y unas 400.000 si tenemos en cuenta todo el territorio español. De los aproximadamente 34 residuos distintos generados en los talleres, unos 18 tienen consideración de peligrosos lo que implica la necesidad de tener un gestor para cada uno de ellos.

Para dar respuesta a estas carencias vistas en los talleres mecánicos se realiza la propuesta de crear una red de recogida de residuos formada por un gestor único que se ocupe simultáneamente de todos los residuos del taller, que ofrezca flexibilidad y comodidad, que asesore a sus asociados para poder estar siempre al día en los requisitos legales y les de soporte documental, facilitando el control de la gestión interna del taller, a la vez que minimiza y racionaliza los costes medioambientales de éstos.

Es conveniente crear esta red de recogida con la participación de otras asociaciones como SIGRAUTO que disponen ya en la actualidad de CAT's distribuidos por todo el territorio facilitando la rápida implantación y reduciendo los costes iniciales. No hay que olvidar que una parte importante de los residuos de los talleres, son componentes similares o iguales a los que actualmente reciben los CAT's y por lo tanto podrían ser tratados fácilmente por ellos.

Además en este estudio se ha ampliado la información acerca de la variada composición de los automóviles y se han comentado los métodos utilizados en el reciclado de los principales residuos, dejando clara una jerarquía para el tratamiento de residuos que consiste en:

- Prevenir: optar por procesos que minimicen la generación de residuos.
- Reutilizar: aprovecharlo para volverlo a usar.
- Reciclar: transformarlo para darle el mismo u otro uso.

- Valorización material: regenerarlo o reciclarlo para reincorporarlo a la fabricación de un producto.
- Valorización energética: cuando ya no se puede obtener ninguna materia útil, aprovechar la energía que el residuo tiene acumulada.
- Eliminar: cuando ya no se puede obtener nada más, destruirlo totalmente, de modo que los restos puedan ser absorbidos por la naturaleza.

En cuanto a la prevención hemos visto que el diseño por parte de los fabricantes cobra una gran importancia, un ejemplo de esto sería el futuro de los automóviles donde todo apunta hacia un cambio de tecnología con la expansión del coche eléctrico que conllevará a su vez a una variación de composición respecto a los automóviles actuales, con la aparición en grandes cantidades de nuevos residuos, como las nuevas baterías de litio o de pila de combustible.

En la actualidad muchos fabricantes de automóvil incorporan componentes en sus modelos elaborados a partir de materiales reciclados, e incluso algunos como TOYOTA, recuperan las piezas procedentes de las reparaciones en sus talleres oficiales con éste fin.

En cuanto a los VFU's, todavía se eliminan demasiados residuos (cerca de un 15%) y aunque existen métodos para la valorización energética de estos residuos, como por ejemplo la utilización en los hornos clinker como substitutos de otros combustibles, se debería potenciar la reutilización y el reciclado, sobretodo en cuanto a materiales plásticos ya que una parte importante del residuo de fragmentadora (ASR), es el que acaba siendo eliminado o valorizado energéticamente y está formado en gran medida por plásticos.

Una solución a este problema sería por un lado mejorar los procesos de desensamblaje en los CAT's aunque sea a costa de un aumento de los tiempos y los recursos empleados para ello, con el fin de reciclar más adecuadamente los componentes evitando así que lleguen a ser fragmentados y permitiendo ser reutilizados y recuperados.

Es de gran importancia conseguir en un futuro que, gracias a las buenas prácticas y a los avances tecnológicos aplicados por todos los agentes implicados en el sector del automóvil, el reciclado y la recuperación de los residuos que se generan a partir de un vehículo, pasen de ser vistos como un problema a ser considerados como una alternativa medioambiental beneficiosa además de convertirse en una ventaja competitiva del todo rentable para sus gestores.

11 BIBLIOGRAFÍA

ARTÍCULOS Y REVISTAS ELECTRÓNICAS

Asencio, Isaac; Rincón, J; Camarillo, R; Martín, A. F.2008. Reciclado de catalizadores de automóviles análisis de las técnicas actuales y propuestas de futuro. Redisa´2008.

Alonso J.C., Julia Dose J., Fleischer G., Geraghty K., Greif A., Rodrigo J., Schmidt W. F.2007. Electrical and Electronic Components in the Automotive Sector: Economic and Environmental Assessment. Int J LCA 12 (5) pp. 328-335.

Bao Carmen., Basterretxea A., Castresana J. M., Loroño I., Martín L. F.2008. Gestión de la valorización (material y energética) de neumáticos fuera de uso (NFU). Redisa´2008.

Bellmann k., Khare A. F.2002. European response to issues in recycling car plastics. Technovation 19 pp. 721–734. Pergamon.

Chicharro Javier., F.2003. El automóvil como fuente de residuos: Hacia una gestión medioambientalmente correcta. Jornadas Técnicas de Ciencias Ambientales.

Crocce Romano Espinosa D., Moura Bernardes A., Soares Tenório, J.A. F.2008. An overview on the current processes for the recycling of batteries. Journal of Power Sources pp. 311–319. Elsevier.

Froelich D., Maris E., Haoues N., Chemineau L., Renard H., Abraham F., Lassartesses R. F.2007. State of the art of plastic sorting and recycling: Feedback to vehicle design. Mineral engineering 20 pp. 902–912. Elsevier.

García M^aRosa., García José Pedro., Ros Lorenzo., F.2006 Análisis y Perspectivas del Sector de la Distribución de Recambios de Automóviles. X Congreso de Ingeniería de Organización,2006.

García R., Fornes E., Niclós J. F.2008. Tecnologías limpias y buenas prácticas en la gestión de vehículos al final de su vida útil, en centros autorizados de tratamiento (cats) en la comunitat valenciana.

Kreusch M.A., Ponte M.J.J.S., Ponte H.A., Kaminari N.M.S., Marino C.E.B., Mymrin V. 2007. Technological improvements in automotive battery recycling. Resources, Conservation and Recycling 52 pp. 368–380. Elsevier.

Nourreddine M. 2007. Recycling of auto shredder residue. Journal of Hazardous Materials A139 pp. 481–490. Elsevier.

Soria M.L., Hernández J.C, Valenciano J., Sánchez A., Trinidad F. 2005. New developments on valve-regulated lead–acid batteries for advanced automotive electrical systems. Journal of Power Sources 144 pp. 473–485. Elsevier.

Urbano M., Amante Beatriz., F2008. Estudio del ciclo de vida de la red de abordado de un vehículo. Redisa´2008

PROYECTOS Y ESTUDIOS

ANFAC. F.2008. Memoria anual 2008. Madrid.

ARC, Generalitat de Catalunya. Dep. Medi Ambient i Habitatge. F.2009. Guia de bones pràctiques per al reciclatge de vehicles fora d'ús a Catalunya.

BMW AG, F.2004. Estrategia para un desarrollo sostenible. Publicación del Grupo BMW.

Bañeres Manuel., Cortina, José Luis., F.2003. Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso. UPCommons.

DGT, F.2008. Anuario estadístico general año 2008.

Gobierno de España. F.2008. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR).

Gobierno de España. F.2009. Apuesta del ministerio de industria, turismo y comercio por el vehículo eléctrico.

Quesada Loreto., F.2006. Propuesta para la gestión de motocicletas al fin de su vida útil y análisis de alternativas para el aumento de su tasa de reciclado. UPCommons.

San Martín Ignacio., F.2009. Caracterización de neumáticos fuera de uso troceados para su reciclado en obra civil. UPCommons.

SIG AUS. F.2008. Memoria anual 2008. Madrid.

SIGNUS. F.2008. Memoria anual 2008. Madrid.

SIGRAUTO. F.2008. Memoria anual 2008. Madrid.

TOYOTA., F.2002. Reciclaje del vehículo en Europa. Toyota Motor Marketing Europe.

PÁGINAS WEB

AEDRA: La Asociación Española del Desguace y Reciclaje del Automóvil. [Consultada: 22 de septiembre de 2009] <http://www.aedra.org/>

ANFAC: Asociación nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones. [Consultada: 18 de septiembre de 2009] <http://www.anfac.com/global.htm>

ANIACAM: La Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas, [Consultada: 20 de noviembre de 2009] <http://www.aniacam.com/datos/2009/12dic2009.php>

APME: Association of plastics Manufacturers. [Consultada: 20 de septiembre de 2009] <http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?>

ARC: Agència de Residus de Catalunya [Consultada: 22 de septiembre de 2009] <http://www.arc-cat.net/ca/altres/pfu/sig.html>

BIR: Bureau of International Recycling [Consultada: 10 de noviembre de 2009] http://www.bir.org/aboutrecycling/EOLV/shred_es.html

CETRAA: Confederación Española de Talleres de reparación de automóviles y afines, [Consultada: 16 de octubre de 2009] <http://www.cetraa.com/>

DGT: Dirección General de Tráfico. [Consultada: 20 de septiembre de 2009] <http://www.dgt.es/portal/>

FACONAUTO: Federación de asociaciones de Concesionarios de Automoción. [Consultada: 24 de octubre de 2009] <http://prensa.faconauto.es/>

FER: Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje. [Consultada: 20 de octubre de 2009] http://www.recuperacion.org/?p=mp1_1

OFICEMEN: Agrupació de fabricants de ciment d'Espanya. [Consultada: 24 de setembre de 2009] http://www.oficemen.com/reportajePag.asp?id_rep=634

PSA PEUGEOT CITROËN: Página web del fabricante de automóviles PEUGEOT CITRÖEN [Consultada: 10 de diciembre de 2009] http://www.psa-peugeot-citroen.com/es/psa_grupo/visita_virtual_b4.php

RENAULT: Página web del fabricante de automóviles RENAULT. [Consultada: 10 de diciembre de 2009] <http://www.renault.es/descubre-renault/medio-ambiente/renault-impulsa-la-gestion-de-residuos.jsp>

REVE: Regulación Eólica con Vehículos Eléctricos. [Consultada: 12 de diciembre de 2009] http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=1079

SERNAUTO: Asociación Española de Fabricantes de Equipos y Componentes para Automoción. [Consultada: 22 de septiembre de 2009] <http://www.sernauto.es/Portal/Home.aspx>

SIGAUS: Sistema Integrado de Gestión de Aceites Usados. [Consultada: 14 de noviembre de 2009] http://www.sigaus.es/generadores/recogida_aceites_us.aspx

SIGNUS: Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados. [Consultada: 14 de noviembre de 2009] <http://www.signus.es/LavalorizacióndeNFU/Quéesvalorizar/tabid/72/Default.aspx>

SIGRAUTO: Asociación Española para el Tratamiento Medioambiental de los Vehículos Fuera de Uso. [Consultada: 20 de septiembre de 2009] <http://www.sigrauto.com/>

SIRCAT: Servicio integral de recogida y gestión de residuos de Automoción. [Consultada: 22 de noviembre de 2009] <http://www.sircat.net/>

TNU: Tratamiento de Neumáticos Usados. [Consultada: 14 de noviembre de 2009] <http://www.tnu.es/>

TOYOTA: Página web del fabricante de automóviles TOYOTA. [Consultada: 10 de diciembre de 2009] <http://www.toyota.es/innovation/technology/desarrollo2.aspx>

VIDEOS

PSA Peugeot Citroën. Fabricación de un automóvil. (Duración 4:46 min) [Consultado: 10 de diciembre de 2009]. Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=3OLSYgbDfPY>

Reciclaje de Renault. (Duración 4:16 min) [Consultado: 14 de noviembre de 2009]. Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=IZZISG5fc28>

NORMAS Y LEGISLACIÓN

Directiva Europea 2000/53, de 18 de septiembre, sobre la gestión de vehículos al final de su vida útil.

Real Decreto 106/2008, de 1 de Febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos



Real Decreto 679/2006, de 2 de Junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.

Real Decreto 1383/2002, de 20 de Diciembre, sobre gestión de vehículos al final de su vida útil.

Orden INT/249/2004, de 5 de febrero, (Ministerio del Interior), por la que se regula la baja definitiva de vehículos descontaminados al final de su vida útil.

Real Decreto 1619/2005, de 30 de Diciembre, sobre la gestión de neumáticos fuera de uso.