

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA I
(ECONOMÍA INTERNACIONAL Y DESARROLLO)



TESIS DOCTORAL

**Análisis comparado de la aplicación del principio europeo de
responsabilidad ampliada del productor en envases, vehículos fuera de
uso y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Álvaro Rodríguez Martínez

DIRECTOR

José Antonio Nieto Solís

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA I
ECONOMÍA INTERNACIONAL Y DESARROLLO



**ANÁLISIS COMPARADO DE LA APLICACIÓN DEL
PRINCIPIO EUROPEO DE RESPONSABILIDAD AMPLIADA
DEL PRODUCTOR EN ENVASES, VEHÍCULOS FUERA DE
USO Y RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y
ELECTRÓNICOS**

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR
AL GRADO DE DOCTOR POR
Doctorando

ALVARO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

Director


José Antonio Nieto Solís

2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES**

DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA I
ECONOMÍA INTERNACIONAL Y DESARROLLO

The seal of the University of Complutense of Madrid is a large, faint watermark in the background. It features a central shield with a crown on top, flanked by two eagles with spread wings. The shield is divided into four quadrants with various colors and symbols. The text 'UNIVERSITAS COMPLUTENSIS' is written in a circular path around the central elements.

**ANÁLISIS COMPARADO DE LA APLICACIÓN DEL
PRINCIPIO EUROPEO DE RESPONSABILIDAD AMPLIADA
DEL PRODUCTOR EN ENVASES, VEHÍCULOS FUERA DE
USO Y RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y
ELECTRÓNICOS**

TESIS DOCTORAL DE:
ALVARO RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

DIRIGIDA POR:
JOSÉ ANTONIO NIETO SOLIS

Madrid, 2015

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi mujer Ana que ha sabido apoyarme, animarme y acompañarme y que ha creído en mí en todo momento, a mis hijos Alonso, Diego, Inés y Gonzalo que me han descubierto el milagro de trascender más allá de la propia existencia, a mis padres Luis Fausto y Marta pues han hecho de mí lo que soy, a mi abuelo Ignacio por enseñarme a amar mi trabajo y a gozar de la perfección de las cosas más pequeñas y a mi primer jefe Miguel Ángel por mostrarme que el valor de las personas está en ellas mismas.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi director de Tesis, José Antonio Nieto Solís, que con paciencia propia del propio Job ha sabido y querido esperar a que mi labor investigadora llegase a buen puerto.

A Alicia García-Franco por permitirme ayudarla en la construcción de un gran sector recuperador que pudiese mirar al futuro y no se avergonzase de nada.

A Julio Lorente por su amistad y por haber sabido ser el artífice de la comprensión de toda la legislación ambiental y pieza indispensable en cuantos estudios la se han hecho.

A José Miguel Benavente Delgado por su comprensión práctica de los problemas.

A José Miguel Benavente Rodríguez por mostrarme el proceloso mundo del aluminio.

A José Ramón Carbajosa por confiar en mí a la hora de construir un sistema diferente de gestión de residuos electrónicos.

A Manuel Kindelan por su visión global de la problemática de los vehículos y por creer en las posibilidades del reciclaje.

A José Ángel Rupérez por haber traspasado la barrera de la mera fabricación para descubrir el resto del ciclo.

A Ross Bartley por brindarme su apoyo en la comprensión del principio europeo de la Responsabilidad Ampliada del Productor.

A Carlos José Rodríguez por mostrarme el camino.

A Jorge Aladro por ser pionero en el reciclado.

A Francisco Román por enseñarme lo mucho que podemos aprender de ese hermano olvidado que es el plomo.

A Javier Penacho por comprender que el reciclaje no es un punto sino una cadena de ellos.

A Carlos Martínez por darme el empujón final.

A Fernando Alonso por apoyarme más allá del tiempo transcurrido.

A Marcelo Barrado por enseñarme los secretos de la fragmentación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS e IMÁGENES.....	xv
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	4
INTRODUCCIÓN.....	7
EL PROBLEMA A ESTUDIAR.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	9
OBJETIVOS y METODOLOGÍA.....	23
<i>Objetivos Generales.....</i>	<i>23</i>
<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>24</i>
<i>Metodología.....</i>	<i>25</i>
CAPÍTULO 1. DESARROLLO DEL CONCEPTO DE RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR.....	28
MARCO LEGAL.....	28
<i>Normativa Europea.....</i>	<i>28</i>
<i>Normativa Española.....</i>	<i>30</i>
CONCEPTO DE LA RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR	35
<i>La génesis del concepto de RAP.....</i>	<i>35</i>
<i>El Infraciclado (DownCycling) frente al Supraciclado (UpCycling).....</i>	<i>44</i>
CAPÍTULO 2. EL SECTOR RECUPERADOR.....	51
ESTRUCTURA, LA PIRÁMIDE INVERTIDA.....	51
CLASIFICACIÓN DE LAS CHATARRAS.....	56
<i>Chatarras férricas.....</i>	<i>56</i>
<i>Chatarras no férricas.....</i>	<i>57</i>

<i>Chatarras mixtas</i>	58
OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE CHATARRAS	59
CAPÍTULO 3. LA GESTIÓN DE ENVASES Y EMBALAJES A TRAVÉS DE LOS ENVASES METÁLICOS.	60
INTRODUCCIÓN.....	60
ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL.....	63
SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	78
<i>Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR)</i>	78
<i>Sistemas Colectivos de residuos de envases y envases usados.</i>	83
DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	89
CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ENVASES DE ALUMINIO.....	93
<i>Requisitos de los envases.</i>	93
<i>El aluminio en los envases.</i>	95
<i>Ventajas del aluminio reciclado.....</i>	99
<i>Especificaciones para las chatarras de Aluminio.</i>	102
EL CICLO COMPLETO DE LOS ENVASES DE ALUMINIO.....	105
<i>Los Residuos Domésticos Mezclados (RDM)</i>	105
<i>Proceso general de reciclaje de los envases.....</i>	107
<i>Proceso de reciclaje de los envases metálicos.....</i>	108
<i>Tratamiento de los residuos domésticos mezclados (RDM)</i>	112
<i>Funcionamiento de una planta de selección de envases. ...</i>	116
<i>Elementos del proceso de recuperación de envases.....</i>	119
<i>La fundición de aluminio.</i>	127
<i>Conformación de los envases de bebida.....</i>	132
ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE RECOGIDA DE ENVASES DE ALUMINIO.....	136
<i>La Encuesta</i>	138
DATOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE CAMPO	143
<i>Categorías de residuos analizados en el estudio.....</i>	143
<i>Análisis de geográfico y demográfico de los datos</i>	147
<i>Resumen final de los datos de los estudios.....</i>	149
<i>Análisis de los datos.....</i>	153

CAPÍTULO 4. LA GESTIÓN DE LOS VEHÍCULOS AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL COMO MODELO ABIERTO.....160

INTRODUCCIÓN Y MARCO LEGAL DEL VFU.....	160
TRATAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS FUERA DE USO.....	174
NIVELES DE RECICLAJE Y VALORIZACIÓN	181
<i>Objetivos de reciclaje y valorización de la Directiva</i>	<i>181</i>
<i>Niveles de Valorización en la prueba de 2007</i>	<i>182</i>
<i>Niveles actuales y pruebas de medición de nivel</i>	<i>195</i>
<i>Análisis económico de la gestión de un VFU.....</i>	<i>202</i>
LAS FRACCIONES NO RESUELTAS DE LOS VFU.....	206
<i>Neumáticos Fuera de Uso (NFU).</i>	<i>208</i>
<i>Vidrios.....</i>	<i>215</i>
<i>Grandes plásticos.....</i>	<i>217</i>
<i>Residuo ligero (fluff)</i>	<i>221</i>

CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)223

MARCO LEGAL.....	223
<i>Antecedentes</i>	<i>223</i>
<i>Legislación Comunitaria</i>	<i>226</i>
<i>Legislación Nacional</i>	<i>242</i>
LA PROBLEMÁTICA DE LOS RAEE	248
<i>El descubrimiento del agujero en la capa de ozono y primera gestión de desechos electrónicos.</i>	<i>248</i>
<i>Características de los RAEEs de frio.....</i>	<i>249</i>
ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	254
<i>Introducción al Estudio sobre los RAEE en España.....</i>	<i>254</i>
<i>Objetivos del Estudio.....</i>	<i>256</i>
<i>Alcance.....</i>	<i>257</i>
<i>Metodología</i>	<i>258</i>
<i>Entidades Participantes.....</i>	<i>258</i>
<i>Proceso de Reciclaje de los RAEE</i>	<i>259</i>
<i>La Recogida de los RAEE.....</i>	<i>260</i>
<i>Tratamiento de los RAEE anterior al Real Decreto de 2005</i>	<i>265</i>

<i>Tratamientos complementarios de los RAEE especiales.</i>	273
<i>Las pruebas piloto.....</i>	281
<i>El estudio de campo y recolección de datos.....</i>	286
<i>Principales conclusiones del Estudio de RAEE.....</i>	291
SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RAEE.....	293
<i>El conjunto de SIG y la Ecotasa</i>	296
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	298
BIBLIOGRAFÍA.....	311
GLOSARIO	319
ANEXOS	324
Anexo 1. MODELO DE ENCUESTA PROYECTO RAEE.	324
Anexo 2. ANÁLISIS RESULTADO PRUEBAS PILOTO RAEE.	328
<i>Prueba Piloto Nº 003-021204</i>	330
<i>Prueba Piloto Nº 004-301104</i>	333
<i>Prueba Piloto Nº: 010-100205.....</i>	336
<i>Prueba Piloto Nº: 011-070305.....</i>	339
<i>Prueba Piloto Nº: 012-080305.....</i>	342
<i>Prueba Piloto Nº: 006-290105.....</i>	345
<i>Prueba Piloto Nº: 008-040205.....</i>	348
<i>Prueba Piloto Nº: 005-290105.....</i>	351
<i>Prueba Piloto Nº: 001-101104.....</i>	354
<i>Prueba Piloto Nº: 002-021204.....</i>	357
<i>Prueba Piloto Nº: 009-180205.....</i>	360
<i>Prueba Piloto Nº: 007-280105.....</i>	363
<i>Prueba Piloto Nº: 013-150305.....</i>	366

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de Reducción, Reciclado y Valorización.....	64
Tabla 2. Evolución del marco legal de los envases.....	64
Tabla 3. Objetivos de la Directiva 2004/12/CE.....	68
Tabla 4. Objetivos de recogida del Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-15	69
Tabla 5. Depósito a cobrar en SDDR.....	83
Tabla 6. Importe a cobrar al productor por punto verde según envase...	84
Tabla 7. Cantidad de residuos urbanos tratados según tipo de instalación en el año 2012	92
Tabla 8. Origen geográfico de los envases de aluminio (2014).....	145
Tabla 9. Destino geográfico de los envases de aluminio (2014)	145
Tabla 10. Toneladas de envases de aluminios reportadas a Bruselas	151
Tabla 11. Porcentaje de envases de aluminios reportadas a Bruselas ...	152
Tabla 12. Agregado de la evolución de datos sobre reciclaje de envases de aluminio entre 1999 y 2014	152
Tabla 13. Costo estimado de gestión de residuos en España.....	178
Tabla 14. Peso medio de los vehículos de la prueba piloto de niveles de 2007	192
Tabla 15. Elementos extraídos en fase de desmontaje.....	192
Tabla 16. Elementos extraídos en la fase de descontaminación.....	193
Tabla 17. Fracciones obtenidas en la planta fragmentadora.....	194
Tabla 18. Fracciones obtenidas en la planta de medios densos	194
Tabla 19. Situación económica del reciclaje de VFUs en 1998	207
Tabla 20. Objetivos de valorización, reciclaje y reutilización 2006	238
Tabla 21. Materiales del frigorífico y su recuperación.....	252
Tabla 22. RAEE de Frio y de No Frio en Prueba piloto	275
Tabla 23. Equipos enviados a Fragmentadora en Fase II.....	279
Tabla 24. Tipos de prueba piloto llevadas a cabo	282
Tabla 26. Toneladas, por categorías de RAEE, recogidas durante 2004 .	288
Tabla 27. Origen de los RAEE por tipo de planta	289
Tabla 28. Destino de los RAEE por tipo de planta	289
Tabla 29. Origen geográfico de los RAEE.....	290
Tabla 30. Destino geográfico de los RAEE	290

Tabla 31. Categorías de chatarra conteniendo RAEE.....	290
Tabla 32. Toneladas recogidas de RAEE de Grandes Electrodomésticos en España	294
Tabla 33. SIG de RAEE de ámbito nacional.....	297
Tabla 34. Tipos de pruebas piloto de RAEE.....	329

ÍNDICE DE FIGURAS e IMÁGENES

Ilustración 1. PIB per cápita vs residuos sólidos urbanos per cápita.....	15
Ilustración 2. Políticas utilizadas en aplicación de la RAP.....	41
Ilustración 3. Ciclo de Vida del Producto	43
Ilustración 4. Límite de contenido en cobre en la chatarra férrica según el fin	47
Ilustración 5. Ciclos biológico y tecnológico (Cradle to Cradle).....	49
Ilustración 6. Ejemplo de recuperadores primarios.....	51
Ilustración 7. Ejemplos de transporte masivo de chatarra	52
Ilustración 8. Ejemplos de actividades de reciclado	52
Ilustración 9. Pirámide representativa del sector recuperador español	53
Ilustración 10. Ejemplos de procesos de reciclado.....	59
Ilustración 12. Sistema SDDR	80
Ilustración 13. Ciclo completo del SDDR	81
Ilustración 16. Pasos iniciales del funcionamiento del Sistema Colectivo .	85
Ilustración 17. Ciclo completo de funcionamiento del sistema colectivo...	86
Ilustración 18. Modelos de contenedores para recogida de envases.....	87
Ilustración 19. Vistas de planta de selección de envases.....	87
Ilustración 20. Envases clasificados en planta de selección (Valdemingómez)	88
Ilustración 22. Evolución comparada de los % de valorización, reciclado y valorización energética de envases en España.....	91
Ilustración 23. Usos del aluminio	96
Ilustración 24. Tipos de envases de aluminio.....	97
Ilustración 26. Usos del Aluminio reciclado.....	100
Ilustración 29. Proceso de recuperación de los envases metálicos	109
Ilustración 30. Contenedor especializado.	110
Ilustración 34. Plásticos separados y compactados en el interior de una planta	118
Ilustración 35. Esquema del proceso de clasificación de envases.....	119
Ilustración 37. Diagrama del proceso de la fundición de aluminio.....	129
Ilustración 38. El Ciclo del bote de aluminio	135
Ilustración 40. Ejemplo de partida de Aluminio-Cacharro	141

Ilustración 41. Tipos de envases recuperados (año 2014)	144
Ilustración 42. Kg de envases detectados en cada CCAA en 2014	147
Ilustración 43. Envases detectados por 1000 habitantes en 2013.....	148
Ilustración 45. Envases detectados por 1000 habitantes en 2014.....	149
Ilustración 47. Evolución temporal de envases (comercializado vs valorizado)	154
Ilustración 48. Envases reciclados por origen	155
Ilustración 49. Aluminio recogido en planta de selección frente a otros orígenes	157
Ilustración 50. Porcentaje de envases valorizados por origen en 2014 en España	158
Ilustración 51. Porcentajes del VFU antes y después de Experiencia Piloto	163
Ilustración 53. Distribución de CAT (naranja) y Fragmentadoras (Azul) en España (2014)	171
Ilustración 55. Empresas participantes en prueba de niveles 2007	183
Ilustración 56. Imágenes de la prueba de niveles de 2007	184
Ilustración 57. Imágenes de la prueba de niveles de 2007	187
Ilustración 58. Imágenes de la prueba de niveles de 2007	188
Ilustración 59. Imágenes de la prueba de niveles de 2007	188
Ilustración 60. Imágenes de la prueba de niveles de 2007	189
Ilustración 61. Fracciones planta medios densos prueba niveles 2007 ..	191
Ilustración 63. Niveles de valorización de VFUs en Europa en 2012	197
Ilustración 64. Niveles de reciclaje/reutilización y valorización de VFU en 2013	198
Ilustración 65. Toneladas de VFUs gestionados en 2012 en Europa	199
Ilustración 66. Tasas de reciclaje y valorización de 2012 en porcentaje	201
Ilustración 67. Balance de Ingresos y Gastos en la gestión de un VFU ..	203
Ilustración 70. Destino de los Neumáticos de reposición en España	212
Ilustración 72. Ejemplo de metodología para retirar vidrios laterales	216
Ilustración 73. Parachoques plásticos desmontados.	218
Ilustración 75. Ejemplos de gestión ilegal de frigoríficos	253
Ilustración 76. Proceso de reciclaje de los RAEE.....	260
Ilustración 77. Flujo logístico del RAEE	261
Ilustración 78. Recogida Voluminosos y en puntos limpios	262

Ilustración 79. Recogida de distribuidores	263
Ilustración 81. Almacenamiento temporal de frigoríficos para su clasificación y tratamiento	264
Ilustración 82. Ejemplos línea blanca y chapajo	267
Ilustración 83. Proceso de fragmentación y corrientes de salida.....	272
Ilustración 84. Areas de despósito de materiales fragmentados	272
Ilustración 85. Procesos Fase 1 y Fase 2 RAEE	274
Ilustración 87. Envases de aluminio reciclados por origen	302
Ilustración 88. Aluminio recogido selectivamente frente a otros flujos ..	303
Ilustración 89. Balance de ingresos y gastos en la gestión del VFU.....	305
Ilustración 90. Niveles de Gestión de VFUs reportados por España	306
Ilustración 91. Toneladas de RAEE recogidas en España.	308
Ilustración 93. Vista panorámica de planta fragmentadora	333
Ilustración 94. Vistas planta fragmentadora	339
Ilustración 95. Cinta de selección y salida de material	340
Ilustración 96. Vista planta fragmentadora y tambor magnético	342
Ilustración 97. RAEEs a fragmentar y Prefragmentador.....	345
Ilustración 98. Motores eléctricos y fragmentada férrica	346
Ilustración 99. Vista fragmentadora y residuo ligero.....	348
Ilustración 100. Compresores triados manualmente y poliuretano.....	352
Ilustración 101. Carga de PAE y tambor magnético	355
Ilustración 102. PAE y cables seleccionados	357
Ilustración 104. Proceso de extracción de aceite	361
Ilustración 105. Frigoríficos para prueba 1x1.....	363

RESUMEN

El marco legal europeo con la intención de proteger al medio ambiente y a las personas, y para preservar los recursos materiales y energéticos, desarrolla la llamada *Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP)*. La RAP obliga al fabricante de un bien o producto a que el tratamiento de gestión final que se hace a dichos productos al final de su vida útil sea el adecuado y cumpla con los objetivos que, en cada categoría de producto, marca la normativa. Pese a estar bajo el mismo principio, no todos los productores han adoptado el mismo sistema para cumplir con dichas normas.

Así, en el caso de España, para los envases y embalajes se optó por crear un Sistema Integrado de Gestión (SIG) que crease toda la estructura de recogida, clasificación y preparación para la gestión de dichos residuos. De este modo nace Ecoembalajes España que crea desde cero todo un sistema de recogida de envases a partir del llamado contenedor amarillo. Se encarga de construir y gestionar las necesarias plantas de selección de envases y de obtener en ellas un material seleccionado que subasta a los consumidores de dichos materiales. El sistema resulta caro, pues ha de crearse toda una estructura nueva que inicialmente no tiene en cuenta las iniciativas preexistentes de recogida y reciclaje de envases que existían previamente. La financiación de Ecoembes se lleva a cabo a través del llamado punto verde que pagan los envasadores y productores en virtud de la cantidad de envases puestos en el mercado cada año. Las plantas de selección no funcionan bajo parámetros de rentabilidad económica sino como un servicio público y su objetivo es cumplir con los porcentajes de materiales seleccionados que Ecoembes les exige. Finalmente los materiales clasificados que salen de las plantas de selección adolecen de una falta de calidad que penalizan su valor en el mercado de materias primas secundarias obligando en muchos casos a los gestores que adquieren dichos materiales a reprocesarlos para poder venderlos a los consumidores de materiales cumpliendo con los estándares de mercado. Todo el sistema se basa en la colaboración ciudadana, que debe clasificar

los envases en sus domicilios y depositarlos en el contenedor adecuado. No obstante, existe una falta de alicientes y de concienciación por parte de una gran cantidad de la población. Entre 2000 y 2014 se ha llevado a cabo un estudio de campo en el sector de la recuperación para conocer qué cantidad de envases de aluminio se estaban reciclando a través de las plantas tradicionales y al margen del sistema tradicional de bolsa amarilla. Los resultados son muy positivos, pues se ha comprobado que al ser los envases de aluminio, un material valioso, los de mayor valor final, la iniciativa privada hace que se recoja de forma paralela una gran cantidad de estos materiales y pone de manifiesto la importancia que tiene para el éxito del sistema de recogida de residuos el poner en valor el precio final del material recuperado.

En el otro extremo del cumplimiento de dicha RAP están los vehículos fuera de uso (VFU). En este caso, cuando llegó la exigencia legal de alcanzar determinadas tasas de recogida y reciclado a partir del año 2000 los fabricantes (ANFAC) y los importadores (ANIACAM) junto con los desguazadores de coches (AEDRA) y los recicladores y fragmentadores de coches (FER), antes de optar por un modelo similar al de Ecoembes con los envases, analizaron la existencia previa de una red deficiente pero extensa de desguaces de coches y plantas fragmentadoras de los mismos. Dado el valor final positivo del VFU decidieron tratar de dejar que fuesen las leyes del mercado y el valor intrínseco del bien fuera de uso los que asegurasen la gestión correcta y suficiente de estos bienes. De esta forma constituyeron SIGRAUTO como una asociación que simplemente acompaña, asesora y supervisa a los gestores para cumplir con los objetivos legales. Esta forma de actuar tiene varios efectos inmediatos pero el primero de los mismos es que a diferencia de algunos otros países de Europa en España no se cobra una tasa al adquirente de un vehículo nuevo para financiar el reciclaje posterior. Además, se obliga al sector del desguace a llevar a cabo una reconversión muy notable ya que deben cumplir la nueva normativa al tiempo que financian toda su actividad en el valor final del vehículo ya que no pueden cobrar el último propietario cuando deposita en un desguace el coche. Afortunadamente, sólo un tercio de los 3000 desguaces que había en España en 1999 son capaces de cumplir con la normativa lo que, unido

al aumento del parque móvil español, permite financiar a los restantes su reconversión. El resultado es un sistema económico, muy eficiente y que basa su funcionamiento en la lógica del mercado. No obstante, en 2015 entraron en vigor los nuevos objetivos de reciclaje (85%) y valorización (95%) y se está comprobando que la gestión absolutamente autónoma hace que se gestionen bien aquellas partes que tienen valor económico dejando en una infragesión las que tienen costes negativos.

Finalmente, el punto medio de los 2 anteriores sistemas pudo ponerse en práctica a la hora de aplicar a partir de 2005 la normativa que aplicaba la responsabilidad ampliada del productor a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). En este caso, se ha llevado a cabo un estudio que ha permitido ver que si se establece un sistema que permita el reciclaje de los RAEE basado en el valor residual positivo de los mismos y se crea un SIG, financiado por el productor a través de una ecotasa cobrada al ciudadano que compra un bien nuevo, que en vez de intervenir todo el sistema, financia exclusivamente los extracostes de la gestión de los RAEE, el sistema se optimiza y se logran los mejores resultados con los costes más reducidos. Esta experiencia empírica constituye un elemento central de la Tesis que aquí se presenta, puesto que corrobora la importancia de tomar en consideración el valor residual del producto como una variable fundamental para el buen funcionamiento de cualquier de los sistemas de reciclajes que se establezcan, al menos en países con sistema normativos tan avanzados con los de la UE.

Tomando como hilo conductor, a modo de hipótesis de trabajo, esa idea sobre la importancia del valor residual de los bienes, la presente tesis doctoral incluye un amplio y riguroso estudio temporal y temático, que pretende también contribuir a un mejor conocimiento de los temas objeto de estudio de este trabajo.

ABSTRACT

The European legal framework with the intention of protecting people and environment and to preserve materials and energetic resources developed the so called Extended Producer Responsibility (EPR) scheme. The EPR requires the manufacturer of a good or product to assure that treatment of end of life goods is done appropriately and meets the objectives required in each product category in the regulations. Despite being under the same principle not all producers have adopted the same system to meet those standards.

Thus, in the case of Spain, for packaging it was decided to create an Integrated Management System (IMS) to develop the whole structure of collection, sorting and preparation for the management of such waste. Thus it was born Ecoembalajes España (Ecoembes) creating from scratch a system of collecting packaging from the, so called, yellow container. Ecoembes is responsible for building and managing the necessary packaging sorting plants. Selected material exits from those plants is sold to consumers of such materials. The system is expensive because it has created a whole new structure that initially does not take into account previous existing initiatives of packaging recycling and collection. Ecoembes is financed by the so-called Green Dot, which is paid by packers and producers according to the amount of packaging placed on the market each year. Sorting plants do not operate under parameters of profitability but as a public service and aims to meet the percentages of selected materials Ecoembes requires them. Finally the classified material coming out of the sorting plants suffer from a lack of quality that penalize their value in the market of secondary raw materials in many cases forcing managers acquiring such materials to reprocess it to sell to end-users in compliance with market standards. The whole system is based on the cooperation of citizens who must classify package waste at home and place them in the appropriate container. However there is a lack of incentives and awareness on part of the population. Between 2000 and 2014 it has taken place an study in the recovery sector to learn what amount of

aluminium packages were recycled through traditional plants and outside the traditional yellow bag system. The results are very positive as it has been proved that as aluminium packages has the highest end of life value, the private sector is collecting in parallel a lot of these materials and highlights the importance It has for the success of the system of waste collection to value the final price of recovered material.

At the other extreme of the fulfilment of that extended producer responsibility would be the end life vehicles (ELVs). In this case when the legal requirement to achieve certain rates of collection and recycling, there was an agreement between Manufacturers (ANFAC) and importers (ANIACAM) with car dismantlers (AEDRA) and recyclers and shredders (FER) to look for other alternatives rather than choosing a similar model to that of Ecoembes with packaging. They carried out an analysis of the existing poor but extensive car dismantler and shredder plants network. Given the positive end value of ELV they decided to let market forces and the intrinsic value of the ELV ensure the correct and sufficient management of these goods. SIGRAUTO thus constituted as an association that simply accompanies, advises and supervises the managers to meet the legal targets. This approach has several immediate effects but the first of them is that, unlike some other countries in Europe, in Spain no fee is charged to the purchaser of a new vehicle to finance recycling. Additionally it requires the dismantling industry to carry out a remarkable conversion to meet the new environmental standards and at the same time they have to finance all its activity based on the final value of the vehicle. Additionally they are not allowed to not charge the last owner any fee when the car is deposited in a dismantling facility. Fortunately only a third of the 3000 dismantlers operating in Spain in 1999 were able to comply with regulations. At same time the Spanish fleet increased, allowing the remaining network finance its restructuring. The result is an affordable, highly efficient system that bases its operation on market logic. However in 2015 they entered into force new recycling (85%) and recovery (95%) targets and it can be observed that the autonomous management makes those parts with positive economic value been well managed but letting aside those with negative costs.

Finally the midpoint of the 2 previous systems could be implemented at the time of applying from 2005 the rules applied by the extended producer responsibility for waste electrical and electronic equipment (WEEE). In this case we have carried out a study which has allowed to see that if a system is established allowing the recycling of WEEE based on the positive residual value; and at the same time creating and integrated management system, financed by the producer through an eco-fee charged at the purchase of a new product, that instead of controlling the entire system, only intervene to finance the extra cost in management of WEEE. This way the system is optimized and the best results are achieved with the lowest costs. This empirical experience is a central element of the Thesis presented here, since it confirms the importance of taking into account the residual value of the product as a fundamental variable to the proper functioning of any system of recycling established, at least in countries with advanced regulatory system as the EU.

On the thread, as a working hypothesis, the idea of the importance of the residual value of the end of live products, this Thesis includes an extensive and rigorous temporal and thematic study, which also aims to contribute to a better understanding of the topics studied of this work.

INTRODUCCIÓN.

EL PROBLEMA A ESTUDIAR

A la hora de decidir la temática de estudio de la presente tesis doctoral el investigador ha de abordar el análisis siendo consciente de las limitaciones que dicho estudio supondrá, así como de la necesidad de desarrollar los estudios pertinentes para recabar los datos necesarios que permitan llevar a cabo el análisis y el estudio científico que se pretende. *"Es evidente que al emprender una investigación, la operación primaria y básica es decidir qué se va a investigar y bajo qué aspectos"*¹. En el caso al que se refiere esta Tesis, esa elección ha supuesto precisamente la necesidad de tomar partido en el propio desarrollo del caso de estudio teniendo la ocasión de intervenir en su propia configuración. Esto sin duda ha hecho más apasionante el estudio de los diferentes escenarios y problemáticas pero también ha implicado una mayor dedicación temporal.

Sin duda la definición que del término "problema" hace Sierra Bravo se configura como idónea al tratar el tema del que trata esta Tesis. Así, lo define como *"dificultad intelectual o práctica cuya solución no es evidente ni conocida y exige un esfuerzo para resolverla"*². Los tres diferentes enfoques de un aparente mismo problema alrededor de los que radica esta Tesis, son sin duda los que plantean el mayor esfuerzo para tratar de extraer la mejor de las soluciones posibles tanto desde el punto de vista económico como técnico.

Aparentemente podría parecer que el problema de cómo llevar a la práctica el cumplimiento de la Responsabilidad Extendida que el productor de un bien tiene, según el ordenamiento, más allá del fin de vida útil de dicho producto debería tener una solución común. Pero lo cierto es que a la hora

¹ SIERRA BRAVO, R. (1991). *Técnicas de investigación social*. Editorial Paraninfo. Madrid. P. 56

² SIERRA BRAVO, R. (1993). *Tesis doctorales*. Editorial Paraninfo. Madrid. P. 127.

de la verdad no es así. El análisis de las diferentes soluciones planteadas en cada una de las tipologías de producto elegidas en esta Tesis y los resultados tanto técnicos como económicos obtenidos en cada una de ellas, nos permitirá analizar y comprender las diferencias a tener en cuenta a la hora de exponer una solución al problema planteado y, al tiempo, detectar deficiencias importantes y en ocasiones estructurales en los modelos implantados en España en los últimos 18 años. Todo ello desde un enfoque que, tal y como se comenta, permita compatibilizar la estrategia de cuidado del Medio Ambiente con el Desarrollo Sostenible incorporando, si ello es preciso, tanto las herramientas que el mecanismo del mercado haya podido excluir como aquellas que fomenten la participación ciudadana a la hora de decidir las políticas.

Aunque tanto los envases y embalajes usados, como los vehículos al final de su vida útil o los aparatos eléctricos y electrónicos cuando dejan de estar en uso son considerados residuos lo cierto es que sus características, materiales, problemáticas ambientales y valores económicos residuales son completamente diferentes. Y es, ciertamente, el análisis de esas diferencias, así como la forma en que las mismas afectan a las diferentes soluciones que se han puesto en práctica en el caso español, las que van a conformar la presente Tesis.

Llevar a cabo un análisis de los flujos de residuos y su origen y destino en función del valor de los materiales de los que se componen, así como de los procesos de reciclaje a los que deben ser sometidos y poder obtener un planteamiento analítico que permita establecer el modelo óptimo que permita el equilibrio entre intervención y libre competencia, siempre dentro de un planteamiento de Economía Ecológica como el planteado por Luis Jiménez Herrero³, y que permita la aproximación sucesiva hacia un sistema de Economía Circular⁴.

³ JIMÉNEZ, Luis M (2001). *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Integración Medio Ambiente-Desarrollo y Economía Ecológica*.

⁴ MCDONOUGH, William / Braungart, Michael (2005). *Cradle to Cradle (De la Cuna a la Cuna)*.

JUSTIFICACIÓN

El trabajo plantea el estudio comparado de los modelos aplicados en la gestión de tres líneas distintas de bienes una vez que los mismos se convierten en residuos al final de su vida útil, para dar respuesta a la necesidad de alcanzar unos objetivos determinados de recogida, reutilización y reciclaje, logrando al tiempo una minoración de los impactos ambientales negativos potenciales que una mala gestión podría implicar, y todo ello llevando a cabo una optimización de los recursos económicos aplicados. Este análisis se lleva a cabo desde un punto de vista empírico a través de experiencias prácticas que permitirán comprender de forma profunda la lógica de funcionamiento de los diferentes sistemas de gestión empleados.

En el marco europeo que rige los límites de la economía en lo tocante al medio ambiente, en el artículo 2º del Séptimo Programa Europeo en Materia de Medio Ambiente⁵, se establece que el mismo “*se basará en el principio de cautela, en los principios de acción preventiva, de corrección de la contaminación en su origen y de que quien contamina paga*”. Y es precisamente este principio en el que radica la necesidad del productor de un bien de hacerse responsable de la correcta gestión del mismo cuando el producto en cuestión llega al final de su vida útil y por lo tanto ha de poderse gestionar de acuerdo a un principio básico de minimización del impacto ambiental y de aprovechamiento de los recursos económicos, materiales y energéticos contenidos en dicho producto ahora devenido residuo. Probablemente si se hubiese dejado únicamente a la iniciativa económica privada basada exclusivamente en el libre mercado, dado que la misma no incluye otros agentes económicos que el propio capital, y no tiene en cuenta ni al resto de la sociedad, ni mucho menos al medio

⁵ Artículo 2 del Séptimo Programa General de Acción de la Unión Europea en materia de Medio Ambiente, publicado en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas el 20/11/2013, L 354/171

ambiente, las tasas de reciclaje se habrían reducido a los metales que pudieran tener un valor económico que asegurase una rentabilidad determinada. Pero el legislador ha intervenido a modo de agente regulador del sistema económico y ha establecido ciertos objetivos, haciendo, eso sí, al productor responsable de los mismos.

Sin duda, uno de los elementos más importantes a tener en cuenta, es el cambio de concepción que se tiene sobre los residuos y sobre su utilidad posterior. Así, se es cada vez más consciente de que en un planeta finito plantear un crecimiento infinito tomando como base un consumo continuo y creciente de recursos no renovables supone sin duda un camino sin sentido hacia un callejón sin salida. Este es uno de los principales razonamientos que llevó a cabo Meadows en su obra *Los límites del crecimiento*⁶ encargada en 1972 por El Club de Roma. La conclusión principal de dicho informe fue que de mantenerse según el modelo existente el crecimiento de la población, la contaminación, la industrialización y la explotación de los recursos naturales, se alcanzaría el límite de crecimiento absoluto del planeta dentro del siguiente siglo (el XIX).

Sin duda la referencia de Meadows relativa al libro que escribió hace más de 40 años puede parecer un tanto desfasada, pero lo cierto es que en el informe que la propia Meadows elaboró hace 10 años bajo el título "*Los Límites del crecimiento 30 años después*"⁷ poco ha cambiado que haga pensar que se ha variado el rumbo para evitar llegar a esta situación.

No ha sido sino en los primeros años de este siglo que se ha comenzado a reaccionar y a plantear la necesidad de llevar a cabo cambios importantes en las economías del planeta para lograr evitar el colapso predicho. Esto es, además, más importante si, como plantea Klaus Topfer, "*gran parte del cambio ambiental que ocurrirá en los próximos 30 años ya se ha puesto en marcha por causa de acciones pasadas y actuales. (A su vez) muchos de los efectos de las políticas relativas al ambiente que se implementarán*

⁶ MEADOWS, Donella, et al. (1972). *Los límites del crecimiento*

⁷ MEADOWS, Donella, et.al. (2004). *Los límites del crecimiento 30 años después*

*durante los próximos 30 años no serán evidentes hasta bastante tiempo después*⁸. Este decalaje temporal entre la adopción de medidas correctivas y sus efectos beneficiosos en el sistema económico y ambiental hacen aun más necesario el que se eviten errores de planteamiento a la hora de adoptar soluciones pues, de verse que eran erróneas, serán necesarias décadas para poder corregir dicha medida.

No obstante, merece la pena mencionar que, tal y como recuerda José Manuel Naredo⁹, el concepto de Desarrollo Sostenible no resulta nuevo en el espectro de la teoría económica, pues no es ni más ni menos que un desarrollo de los planteamientos expuestos por los fisiócratas franceses del siglo XVIII. Ellos planteaban el crecimiento de lo que denominaban "*riquezas nacientes*" sin que esto pusiese en peligro los "*bienes de fondo*". Las riquezas nacientes no eran otra cosa que los recursos renovables.

La necesidad de hacer girar los modelos económicos hacia una visión más sostenible forma parte de las políticas europeas y de las de la mayor parte de los países. Así, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), hace continuas referencias al concepto de Economía Verde, refiriéndose a ella como a aquella que logra alcanzar a un tiempo la mejora del bienestar de las personas, manteniendo los principios básicos de equidad social pero reduciendo los riesgos sobre el medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales. En definitiva se trata de caminar hacia una economía baja en carbono que aúne un uso eficiente de los recursos, con el respeto a los derechos humanos tanto de las generaciones presentes como de las futuras. De esta forma el crecimiento de la economía se centra en el impulso de aquellas inversiones que logren reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación del medio ambiente al tiempo que incrementan su eficiencia tanto energética como en el uso de recursos y promueven la conservación de la biodiversidad.

⁸ TOPFER, Klaus. (2002). "Prefacio al GEO 3", en Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), *Perspectivas del medio ambiente mundial (GEO 3)*, editado en España por PNUMA y Mundi Prensa, Madrid 2002, p. 36

⁹ NAREDO, J.M. (1987). *La Economía en evolución*. Siglo XXI. Madrid.

Ya en el año 2011 el PNUMA publicó el informe "*Hacia una Economía Verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza*"¹⁰, en el que dedica precisamente uno de sus capítulos al sector de los residuos y a cómo lograr su reconversión hacia un sector más "verde".

Como Raymond Mikesell¹¹ plantea, el concepto de economía del desarrollo sostenible tiene como uno de sus principales soportes la inclusión en el análisis tradicional del desarrollo la íntima conexión entre la economía y los inputs del proceso productivo que son los recursos naturales pero que a su vez realizan la función de ser potenciales absorbedores de los residuos generados.

Hasta la segunda mitad del siglo XX los recursos naturales han sido relativamente abundantes y por lo tanto el coste que suponía hacer un uso ineficiente de los mismos se ha visto ampliamente compensado¹². De alguna forma el crecimiento económico se ha basado en un crecimiento infinito e ilimitado de los recursos naturales y solamente en las últimas décadas hemos sido conscientes de que un mundo con una población de más de 7.000 millones de personas debe necesariamente establecer una correcta administración de los recursos naturales para poder mantener un sistema económico activo. No es fácil incorporar el hábito de gestionar adecuadamente los recursos y aun más difícil lo es desde el punto de vista del modelo de empresa actual. Es por tanto fundamental que existan mecanismos por parte de los poderes públicos que aseguren que se alcanzan paulatinamente los objetivos de preservación de recursos naturales que permitan una transición hacia una economía circular. Como se tratará de probar en la presente Tesis, dejar exclusivamente a la iniciativa privada la consecución de los objetivos de valorización y reciclado

¹⁰ PNUMA. (2011). *Hacia una Economía Verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza*. Francia.

¹¹ MICKESSELL, R.R. (1992). *Economic Development and the Environment. A comparison of Sustainable Development with Conventional Development Economics*. Mansell Publishing. Nueva York.

¹² BARBIER, E. (2010). *Scarcity & Frontiers: How Economies have Developed through Natural Resource Exploitation*, Cambridge University Press.

de los bienes del sistema una vez que los mismos devienen residuos tiene como límite la rentabilidad económica y no tanto el óptimo ambiental.

En los años 90, la Unión Internacional para Conservación de la Naturaleza (UICN), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y World Wild Fund (WWF) ponen de manifiesto en el informe¹³ que publican conjuntamente la necesidad de desarrollar una consciencia de la necesidad de "*mejorar la calidad de vida humana sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan*".

Sin duda para lograr esa transición hacia una economía verde, es fundamental lograr un desacoplamiento del consumo de recursos naturales, consumo energético, impacto ambiental y generación de residuos. El crecimiento económico de la economía mundial está alcanzando los límites del planeta y ello se denota tanto en el acceso a las materias primas, la energía o en el impacto a los ecosistemas, como en el propio clima de la Tierra. La creación de valor económico ha de desligarse, para ser sostenible, de dichas variables, estableciendo así, una verdadera economía circular que respete los ciclos naturales del planeta.

Pero resultará por tanto crucial ver los recursos dentro de esa economía circular como herramientas que han de poder emplearse una y otra vez en un marco de economía local. Es por eso, dentro de esa necesidad de autosuficiencia local, que Trainer¹⁴ propone que se haga menos hincapié en las fuerzas económicas mundiales y se trate, sobre todo en el caso de las economías en vías de desarrollo, de fomentar un mayor grado de *autosuficiencia económica local*.

Durante décadas el modelo económico imperante ha unido los conceptos de crecimiento y desarrollo, como si de dos caras de la misma moneda se tratasen. Pero lo cierto, es que la teoría económica clásica no ha podido

¹³ UICN, PNUMA y WWF. (1991). *Cuidar la Tierra. Estrategia para el futuro de la vida*. Gland. Suiza.

¹⁴ TRAINER, F.E. (1989). *Development to Death: ReThinking Third World Development*. Merlin. Londres.

establecer la correspondencia entre ambas magnitudes de tal manera que ha existido tradicionalmente una desconexión entre el Producto Nacional Bruto de un país y la mejora del bienestar de sus ciudadanos. Así, el keynesianismo asumió que la prosperidad radicaba en lograr incrementar las tasas de PNB como herramienta esencial de la política económica del Estado. En palabras de Sampedro: *"El desarrollo es un proceso en el tiempo y por su propia naturaleza una transformación estructural"¹⁵*.

El modelo económico actual que impera a nivel mundial apenas ha empezado de forma seria a aprovechar las posibilidades de creación de riqueza utilizando menos energía, recursos, materias primas y generando menos residuos. Para lograr avanzar hacia un modelo de economía verde, es fundamental diseñar y fabricar productos que tengan un menor impacto durante su uso y un período de vida útil más largo. Además es fundamental promover productos que puedan ser total o parcialmente reutilizables y finalmente resulta crucial que los productos puedan ser efectivamente y realmente reciclados al finalizar su ciclo de vida útil. Conceptos como el rediseño, reacondicionamiento, reparación, reutilización y reciclaje han de pasar a ocupar el lugar central del proceso de producción, uso y gestión final. El sector que lleva a cabo estos procesos de forma integrada suponía ya en 1998 un ahorro cada año de casi 11 millones de barriles equivalentes de petróleo¹⁶. Por ejemplo, el reciclaje de aluminio frente al uso de alúmina de origen primario supone un ahorro del 95% del coste energético. Y algo similar ocurre con el resto de materiales reciclados. El balance energético y de emisiones de CO₂ es netamente positivo a favor de los materiales reciclados, pero en ocasiones, el bajo valor de mercado de las materias primas vírgenes, unido al coste de recuperación y reciclaje de los productos y materiales, hace que las tasas de reciclaje sean menores de lo deseable.

¹⁵ SANPEDRO, J.L. y Martínez Cortiña, R. (1973). *Estructura Económica: Teoría Básica y Estructura Mundial*. Editorial Ariel. Barcelona.

¹⁶ STEINHILPER R. (1998). *Remanufacturing: The Ultimate Form of Recycling*. Stuttgart: Fraunhofer IBC Verlag.

Ilustración 1. PIB per cápita vs residuos sólidos urbanos per cápita



Fuentes: Organismo de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos 2007; Borzino 2002; Kumar y Gaikwad 2004; Methanetomarkets 2005; Banco Mundial 2005; OCDE 2008; Yatsu 2010 y GHK 2006.

El desacoplamiento de la generación de residuos, el crecimiento de la economía y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos suponen por tanto elementos centrales en un modelo de desarrollo sostenible. Si no se aplican modelos eficientes de gestión y reducción eficaz de los residuos y el nivel de vida medio de la población sigue aumentando, en 2050 se generarán, anualmente, más de 13.000 millones de toneladas de residuos. Por lo tanto será fundamental contar con políticas públicas que marquen objetivos de reducción, reutilización y reciclado y establezcan adecuados sistemas de monitorización y seguimiento. Sin duda, como trataremos de probar en esta Tesis, el valor de los residuos ha de ser un elemento relevante pues se calcula actualmente en más de 410.000 millones de

dólares¹⁷ el valor anual de los residuos. Pero el sector privado, en ausencia de control, tenderá a reciclar solo aquellas fracciones que les resulten rentables, siendo necesaria la iniciativa del sector público y de los gobiernos para asegurar que se logran volver a integrar adecuadamente en un ciclo de economía circular aquellos cuyo valor de mercado sea menor.

El proceso productivo actual tiene por delante por tanto importantes retos en lo que a gestión de los recursos se refiere que, no obstante, podrían devenir en oportunidades. A tenor de los datos ofrecidos por el BIRD¹⁸, los procesos de fabricación de bienes generan un 23% del empleo mundial, pero es también el punto inicial del ciclo de vida de las materias primas y, en muchos casos, determina que dicho ciclo pueda ser circular o deba ser lineal acabando, por lo tanto, con la eliminación de dichos productos al final de su vida. La manufactura de productos consume el 35% de la electricidad mundial y es causante del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque hoy en día sólo es responsable de un 10% de la demanda mundial de agua, se prevé que en 2030 iguale al uso por parte de la agricultura o las ciudades alcanzando un 20%¹⁹.

Las políticas públicas que establezcan precios y regulaciones de ámbito estatal resultan fundamentales para conducir tanto a las empresas como a los ciudadanos hacia una utilización más sostenibles de los recursos.

En cualquier caso, resulta de relevancia hacer mención del planteamiento que Robert Goodland²⁰ expone ante la necesidad de no dejar todo a la mejora en la eficiencia en el uso de los recursos. De esta forma, Goodland plantea que dicha eficiencia puede ser muy útil como herramienta de mejora en las economías de los países más desarrollados, pero será

¹⁷ CHALMIN P. y Gaillochet C. (2009). *From Waste to Resource: An Abstract of World Waste Survey*. Cyclope, Veolia Environmental Services, Edition Economica

¹⁸ BIRD, Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo. (2009). *World Development Indicators*.

¹⁹ McKinsey & Company. (2009). *Charting Our Water Future*. Water Resources Group.

²⁰ GOODLAND, R. (1992). *Three Steps Toward a Global Environmental Sustainability*. Development.

insuficiente para el desarrollo de los países en vías de desarrollo como palanca para combatir la pobreza. Estos países necesitarán acompañar su incremento de la eficiencia con un mayor crecimiento real que permita mejorar las condiciones de vida de sus ciudadanos.

Resulta especialmente relevante y trascendental para esta transición hacia una economía verde, lo relativo a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos pues se trata de la fracción que más está creciendo a nivel mundial, tanto en los países ricos, como en los que están en vías de desarrollo. Los componentes que contienen este tipo de residuos son técnicamente reciclables y resulta crucial que el sistema económico logre hacer, con medidas de política económica ambiental, que sean también económicamente reciclables. Si bien a nivel mundial se estima que no se recicla más que un 15% de este tipo de residuos, el desarrollo de adecuadas políticas de incentivo y control podría lograr, en un escenario de inversión verde, porcentajes de recogida y reciclaje mucho mayores. Recuperándose además de esta forma componentes muy valiosos y escasos²¹.

La creciente presión sobre los recursos naturales y las materias primas ha hecho que las políticas europeas giren hacia un concepto de Economía Circular que permita asegurar la salvaguarda de los recursos naturales a través de un ciclo continuo de utilización y reciclaje.

La teoría económica tradicional ha basado el éxito de la economía en el crecimiento de los parámetros esenciales de la misma. De especial relevancia para la justificación de esta Tesis resulta el enfoque que, diferenciando los conceptos de desarrollo y crecimiento, hace el economista americano Herman E. Daly²². Así, establece que *“Crecer es aumentar naturalmente de tamaño con la adición de material por medio de la asimilación o el incremento”*, sin embarco *“Desarrollar es expandir, llegar*

²¹ IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change AR4*, capítulo 10 Waste Management.

²² DALY, Herman E. (2010). *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press. Washington.

gradualmente a un estado más completo, mayor o mejor". Cuando la economía crece se hace más grande, pero cuando se desarrolla se hace diferente. De esta manera el ecosistema que es la Tierra puede desarrollarse pero nunca crecer y por ello el subsistema económico no puede establecer su éxito en el crecimiento ilimitado, pero sí que puede seguir desarrollándose. Daly plantea un concepto que, aunque discutido, cobra cada vez más fuerza y es el de que ni siquiera un crecimiento *más verde* que reduzca el impacto de cada unidad de crecimiento se puede mantener a largo plazo. Daly plantea un límite al crecimiento planteando que al igual que hay un límite de árboles o animales que puede soportar la Tierra, también lo hay de humanos, aviones o automóviles. Desde un enfoque crítico, considera un autoengaño el plantear que si el crecimiento se acompaña del adjetivo *sostenible* pasa a ser posible pues, según Daly, tanto si lo llamamos *sostenible* como si lo llamamos *verde* no haremos sino retrasar y hacer más dolorosa la transición hacia un modelo de no crecimiento. Estamos pasando por tanto de un modelo en el que el capital creado por los hombres era el elemento limitante del crecimiento a uno en el que, cada vez más, es el capital natural el que establece los límites del crecimiento, de tal forma que es el más escaso de los dos capitales el que actúa de valor limitante. Así, en los últimos siglos la economía se ha desarrollado en un mundo básicamente vacío en el que siempre había campo al crecimiento y a la expansión física y por lo tanto había una abundancia del capital natural siendo la variable clave por tanto el capital creado por los hombres. En estos momentos estamos entrando en una *economía de un mundo lleno* y el capital natural se está conformando como el nuevo factor limitante.

De este modo Daly establece una serie de principios básicos operativos que debe integrar el modelo económico para lograr un desarrollo sostenible que conserve el capital natural:

- *Principio de irreversibilidad cero:* según el cual han de reducirse a cero los daños irreversibles sobre el capital natural.
- *Principio de la recolección sostenible:* según el que las tasas de recolección y utilización de los recursos renovables debe igualarse a las tasas de regeneración de dichos recursos renovables.

- *Principio del vaciado sostenible:* por el que sólo es sostenible el uso de recursos no renovables cuando su tasa de vaciado sea igual a la tasa de reciclado y creación de sustitutos renovables.
- *Principio de la emisión sostenible:* por el que las tasas de emisión de residuos deben igualarse a la capacidad de la naturaleza para asimilar dichos residuos. De tal manera que la emisión de productos no biodegradables al ambiente ha de ser cero.
- *Principio de la selección sostenible de las tecnologías:* según el que la tecnología elegida ha de ser aquella que maximice la producción por unidad de recurso extraído.
- *Principio de precaución:* por el que, ante los riesgos a los que nos enfrentamos, debemos evitar las vías que puedan llevarnos a desenlaces catastróficos aunque la probabilidad de dichos desenlaces pueda parecer pequeña o las alternativas más costosas.

Así, las tesis de Daly se pueden resumir, como bien hace Jiménez Herrero²³ en que *“para hacer operacional la sostenibilidad debe conseguirse el mantenimiento del capital natural, extender al máximo el fundamento de la renovabilidad a los recursos no renovables y definir el rendimiento sostenible contando con la capacidad de asimilación o regeneración de los ecosistemas utilizados. Un uso inadecuado o excesivo del medio ambiente puede superar los umbrales de sostenibilidad tanto por carencias en las entradas, es decir, por falta de capacidad de suministro de las fuentes de materias primas y energía, como por carencias en las salidas, es decir, por falta de capacidad de absorción de los residuos y aumento del calor residual”*.

Ahora bien, siguiendo los planteamientos que Jiménez Herrero plasma en el marco del Desarrollo Sostenible y de la Economía Ecológica, y teniendo en cuenta que la presente tesis doctoral se enfoca principalmente en la capacidad de los modelos de gestión de la responsabilidad ampliada del

²³ JIMÉNEZ, Luis M. (2001). *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Integración Medio Ambiente-Desarrollo y Economía Ecológica*. Editorial Síntesis. Madrid.

productor para lograr maximizar de forma óptima la reciclabilidad de los materiales integrados en las tres corrientes de residuos analizados, resulta procedente incluir a los anteriores principios otros tres puntos que nos permitan llevar a cabo un enfoque que tenga en cuenta los flujos materiales y energéticos que mueven el sistema económico. Así, tendríamos:

- *Análisis de las Entradas de Fuentes de recursos renovables:* La tasa de explotación no puede ser superior a la de renovación de tal manera que no se supere en ningún caso la capacidad de regeneración del ecosistema del que provengan los recursos.
- *Análisis de las Entradas de Fuentes de recursos no renovables:* La tasa de utilización no debería ser mayor que la de creación de suministros renovables. Así, sólo sería admisible la utilización de combustibles fósiles, si los beneficios de su utilización se empleasen en la creación de fuentes alternativas de energías renovables.
- *Análisis de las Salidas o Sumideros Naturales:* La tasa de emisión de residuos contaminantes no puede exceder a la de la naturaleza para asimilar dichos residuos, ni tampoco puede reducir la capacidad de los ecosistemas de proporcionar recursos.

Finalmente, es fundamental traer a colación los planteamientos más recientes que recogen muchas de las teorías en torno a la economía ecológica o verde y que se plasman en el nuevo modelo de Economía Circular, como aquel en el que los recursos energéticos son de origen renovable y los recursos materiales renovables no se mezclan con los no renovables de forma que los primeros son introducidos en el ciclo biológico de asimilación de la naturaleza y los segundos son reciclados una y otra vez, de tal manera, que sólo su velocidad de rotación determine la cantidad de dicho recurso en el sistema productivo. No obstante, para que dicho modelo pueda darse, ha de llevarse a cabo una revisión del modelo productivo y de consumo que mejore la productividad del mismo. Así, como plantea Von Weizsäcker²⁴, presidente del Instituto Wuppertal para el Clima,

²⁴ VON WEIZSÄCKER, Ulrich E. (1997). *Factor cuatro: duplicar el bienestar – usar la mitad de los recursos naturales*. Editorial Icaria. Barcelona

el Medio Ambiente y la Energía, en la medida en que se incremente la productividad de los recursos se podrá maximizar la obtención de bienes a partir de los mismos. No obstante, para lograr este cambio ha de acompañarse de una serie de medidas:

- Eliminación de las ayudas a la utilización de recursos.
- Educación de los consumidores.
- Gestión de la demanda.
- Reducción de los costes.
- Elevación de las tasas de vertido de residuos.
- Instauración de auditorías ambientales.
- Aplicación de una fiscalidad ecológica.
- El reciclaje como factor clave (reparación, reutilización y modernización sin la destrucción total de los bienes a reciclar).

Las tres corrientes de residuos en las que se centra esta Tesis, envases, vehículos y equipos eléctricos y electrónicos constituyen sin duda las más importantes y problemáticas tanto desde el punto cuantitativo como cualitativo. Es por ello crucial el que a la hora de implementar las normativas marco que establece la Unión Europea en materia de medio ambiente, se cuente con elementos de análisis que permitan contar con una base empírica suficiente como para adoptar el mejor, más económico y eficaz de los sistemas de gestión. Ya en el sexto programa europeo de acción ambiental (con vigencia hasta 2012) se establecía²⁵ que *“El objetivo es velar porque el consumo de los recursos renovables y no renovables no supere el umbral de lo soportable por el medio ambiente mediante la disociación de crecimiento económico y utilización de recursos, la mejora de la eficacia de la segunda y la reducción de la producción de residuos. Por lo que se refiere a los residuos, el objetivo específico (era) reducir su cantidad final en un 20 % antes de 2010 y en un 50 % para 2050”*. La clave para lograr este objetivo estaba basada en lograr maximizar la cantidad de residuos que eran recogidos y canalizados a través de los circuitos de

²⁵ Preámbulo del Sexto Programa de Acción Comunitario en materia de Medio Ambiente, publicado en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas el 19/ 09/ 2002, p. L242 / 10.

gestión adecuados de forma que se minimizase el porcentaje de los mismos que fuese eliminado.

Esta estrategia se apoya en la jerarquía de residuos que establece la Unión Europea como la guía para la correcta gestión de los mismos. Así, se establecen los siguientes escalones de dicha jerarquía²⁶:

- a) prevención;
- b) preparación para la reutilización;
- c) reciclado;
- d) otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética; y
- e) eliminación.

El análisis por tanto que se haga de la implementación de una determinada legislación habrá de hacerse tomando como referencia estos objetivos marcados por la norma.

Como se podrá comprobar a lo largo del desarrollo de esta Tesis, el modelo de solución adoptado en cada una de las 3 líneas de residuos estudiadas es radicalmente diferente pese a estar todos ellos bajo el mismo paraguas normativo. Es por ello que se hace pertinente contar con elementos de juicio que permitan identificar las carencias y aciertos de cada uno de los sistemas, así como el coste económico que supone al sistema cada uno de ellos. No podemos olvidar que, aunque la norma haga responsable al productor de la consecución de los objetivos planteados, lo cierto es que el garante económico final del sistema aplicado no deja de ser el consumidor y, por lo tanto, resulta fundamental, en bien del mismo, que la solución adoptada sea tanto técnica como económicamente la óptima.

²⁶ Artículo 4º de la DIRECTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos. P. L312/10

OBJETIVOS y METODOLOGÍA

Una vez se ha llevado a cabo el planteamiento del ámbito de estudio, y se ha justificado la pertinencia de acometer el mismo, es pertinente y necesaria la formulación de los objetivos que se pretenden alcanzar en la investigación. Dichos objetivos han de plantearse de forma clara, precisa terminológicamente y concisa para facilitar la comprensión del trabajo que se va a acometer. Sin duda, el planteamiento correcto de cualquier pregunta permite un mejor aprovechamiento de las respuestas que puedan proporcionarse; y, así, de un modo similar, en la medida en que los objetivos se establezcan de una forma acertada, la investigación podrá encauzarse de un modo más fértil.

Por ello, también será fundamental parametrizar la necesaria supervisión por parte de los poderes públicos, en aras a lograr que la gestión de los flujos de residuos planteados confluya hacia los objetivos deseados, en el marco de una economía de los residuos que tienda hacia el paradigma de la nueva economía circular.

A partir de este planteamiento ha sido posible establecer los objetivos generales y específicos que se detallan a continuación.

Objetivos Generales

El objetivo general consiste en llevar a cabo un análisis de la realidad estudiada de las tres corrientes de residuos (envases metálicos, vehículos fuera de uso y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos), así como del sector empresarial de la recuperación de materiales, que permita conocer qué elementos forman dicha realidad y cómo los mismos interactúan. Al mismo tiempo se profundizará en el principio de Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP), tomando como base los programas europeos y analizando los diferentes instrumentos de política económica que pueden aplicarse a la hora de aplicar dicho principio.

Adicionalmente se analizará de forma concreta el funcionamiento de cada uno de los tres grupos de residuos apoyándose en estudios y programas empíricos que analicen las diferentes realidades desde una base real y concreta y no sobre datos teóricos. No parece necesario insistir en que los tres sectores seleccionados son de extraordinaria importancia para comprender el sistema de reciclaje en España y en la UE.

Objetivos Específicos

Los objetivos específicos se plantean como líneas concretas, que permitan hacer del presente trabajo una herramienta que sirva para mejorar la aplicación de los modelos y consecuentemente optimizar la gestión de estos tipos de residuos.

El cumplimiento de cada uno de los objetivos habrá de ser puesto en relación de la Estrategia para 2020 de la Unión Europea, que plantea la defensa de un modelo de crecimiento más allá del simple incremento del PIB y muy consciente de la necesidad de establecer en Europa un modelo de desarrollo económico mucho más eficiente en el uso de los recursos naturales y que permita un desarrollo sostenible a largo plazo.

Teniendo todo lo anterior en cuenta se establecen los siguientes objetivos específicos:

- a) Se determinarán los pros y contras de cada uno de los sistemas tanto desde el punto de vista económico como metodológico y práctico.
- b) Se plantearán medidas de mejora de cada uno de los sistemas que permitan implementar medidas que coadyuven a la consecución de la estrategia europea para el establecimiento de una economía circular.
- c) Se establecerá la base metodológica para decidir bajo qué parámetros y condiciones se habrá de optar por uno u otro modelo de gestión en virtud de la características materiales, técnicas y económicas del residuo de que se trate.

Metodología

Como parte esencial del planteamiento metodológico, esta tesis doctoral toma como hilo conductor de la investigación la siguiente hipótesis de trabajo:

“El valor económico de un bien al final de su vida útil es un indicador fundamental para su reciclaje. La existencia de valores residuales positivos facilita la eficiencia económica de los sistemas de reciclaje. Cuando esos valores no son positivos, la eficiencia del reciclaje no puede basarse en criterios estrictamente económicos.”

El amplio y extenso estudio empírico realizado muestra vías factibles para emprender esa tarea, si se tienen en cuenta tanto los aspectos económicos que toman en consideración los agentes privados (costes), como las regulaciones públicas y su margen de cumplimiento (aspectos no estrictamente económicos y/o objetivos de las políticas públicas más allá del ámbito estrictamente económico). Para alcanzar una adecuada combinación de ambos aspectos en cada proceso nos hemos centrado en estudios de caso, detenidamente analizados en sus aspectos sectoriales y en su tratamiento temporal, porque aportan elementos consistentes para afrontar el reto de mejorar los sistemas de reciclaje de un modo eficiente y que tenga en cuenta los recursos existentes antes de desarrollar otros nuevos. Nuestra metodología analítica, basada en el estudio riguroso de los casos seleccionados, ha de entenderse, por ello, como una parte esencial de la aportación al ámbito de conocimiento sobre el que versa esta tesis doctoral.

Además, hay que tener en cuenta que la aplicación práctica del principio europeo de Responsabilidad Ampliada del Productor puede beneficiarse considerablemente de contar con una metodología comparada de análisis empírico que permita identificar los límites económicos de cada una de las soluciones posibles.

Por ello, la metodología a seguir consistirá en el análisis profundo de cada uno de los tres sectores de estudio acompañado de un estudio del marco de objetivos que la legislación Europea establece. Tras el estudio de los modelos aplicados se compararán los mismos con la estrategia de Economía Circular de la Unión Europea de tal forma que se puedan detectar las carencias de dichos modelos para alcanzar los objetivos planteados.

Finalmente, se pondrá en práctica un análisis práctico a gran escala tanto de los costes como de los límites establecidos y se contrastará la veracidad o no de la hipótesis de trabajo planteada, así como sus límites y la necesidad o no de intervención por parte de los poderes públicos para asegurar que se cumplan los porcentajes de valorización y reciclado necesarios como para cumplir con las diferentes normativas y caminar hacia el cumplimiento de la Estrategia Europea 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador²⁷.

La metodología para la realización de esta Tesis está, por tanto, basada en los principios de la economía de los residuos y de la economía circular de tal forma que se puedan establecer conclusiones claras que conlleven políticas concretas de mejora de los sistemas de gestión, reutilización y reciclado de los residuos estudiados de tal forma que se puedan extraer soluciones concretas.

Tal y como plantea Frans Van Houten²⁸, CEO de Philips, la economía circular representa para Europa una tremenda oportunidad ya que tiene el potencial de guiar las decisiones del sistema económico para hacer un mejor uso de los recursos, llevando a cabo un diseño de residuo cero de los nuevos productos, aportando un mayor valor añadido a la economía y abriendo el camino de la misma a un sistema que haga viable la prosperidad de nuestras sociedades y de las generaciones futuras.

²⁷ COMISIÓN EUROPEA. (2014). *Balance de la Estrategia Europa 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. Bruselas.

²⁸ ELLEN Macarthur Foundation. (2015). *Growth Within: A Circular Economy. Vision for a Competitive Europe*.

En un entorno de economía circular, el reciclaje guarda una íntima relación con el sistema económico, pues se convierte en el principal aportador de recursos materiales para nutrir a éste. Actualmente cada ciudadano Europeo utiliza al año de media 16 toneladas de materiales, de los que un 60% se vierte o incinera. Al comparar los flujos generados de residuos con los objetivos alcanzados de reutilización y reciclaje se detectará la gran cantidad de recursos que se pierden por la incapacidad del sector privado de gestionar adecuadamente el flujo de residuos generados, por la falta de elementos económicos de valoración de las externalidades del sistema de reciclaje tradicional.

CAPÍTULO 1. DESARROLLO DEL CONCEPTO DE RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR.

*"La Tierra no es una herencia de nuestros
padres, sino un préstamo de nuestros hijos"*

Proverbio Hindú

MARCO LEGAL.

Normativa Europea.

Como se menciona en la introducción de la Tesis, para la Unión Europea la gestión de los residuos producidos dentro de la Unión Europea y cómo los mismos pueden afectar al medio ambiente y a la salud humana, es una preocupación constante de las autoridades europeas. Dicha preocupación se ha visto plasmada a lo largo de las múltiples normas producidas desde hace décadas por sus diferentes organismos.

La Comunidad Económica Europea, hace 40 años en la Directiva Marco 75/442/CEE²⁹ relativa a los residuos inicia un camino normativo que posteriormente será completado por las Directivas 91/156/CEE³⁰ y

²⁹ DIRECTIVA 75/442/CEE del CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS de 15 de julio de 1975 relativa a los residuos. 31975L0442

³⁰ DIRECTIVA 91/156/CEE del CONSEJO de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos. D Diario Oficial nº L 078 de 26/03/1991 p. 0032 - 0037

2006/12/CE³¹, para finalmente ser sustituidas por la nueva Directiva 2008/98/CE³² Marco de Residuos que viene a establecer el actual marco normativo en materia de residuos.

Estas Directivas son la base de todo el desarrollo normativo sobre residuos, tanto a nivel europeo como nacional.

Como se ha mencionado anteriormente, en noviembre de 2008 se publicó la Directiva Marco 2008/98/CE sobre residuos, que deroga las anteriores Directivas. Cada nueva Directiva trata de corregir errores de las anteriores o de definir conceptos que no han quedado suficientemente desarrollados o esclarecidos. Así, en la 2008/98/CE:

- se amplían las definiciones de residuo, valorización y eliminación,
- se introducen conceptos nuevos como el criterio de fin de condición de residuo, que venía a cerrar un debate que había durado más de 30 años en torno a qué es y qué no es un residuo. Ante la imposibilidad práctica de cambiar la definición existente se optó por establecer cuándo un residuo deja de serlo.
- se apoya la valorización de los residuos y el empleo de los materiales valorizados a fin de preservar los recursos naturales
- o se incrementan las medidas respecto a la prevención en cuanto a la generación de los residuos basadas en la máxima de que el mejor residuo es el que no se produce y por lo tanto no hay que gestionar.

Así, en su considerando primero la Directiva vuelve a ratificar (como ya lo hicieran sus predecesoras) *"el fomento de la aplicación de la jerarquía de residuos y, de conformidad con el principio "quien contamina paga", **el requisito de que los costes de la eliminación de los residuos recaiga***

³¹ DIRECTIVA 2006/12/CE del PARLAMENTO EUROPEO y del CONSEJO de 5 de abril de 2006 relativa a los residuos. L114/9

³² DIRECTIVA 2008/98/CE del PARLAMENTO EUROPEO y del CONSEJO de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos. L313/3

sobre el poseedor de los residuos o el anterior poseedor, o el productor del producto del que proceden los residuos”.

Así, entre las medidas que recoge esta Directiva hay algunas que afectan directamente a los flujos de residuos que trata la presente Tesis. En cada uno de los capítulos de los que se compone la misma se incluye un análisis legal de las Directivas concretas de los diferentes tipos de residuos.

Normativa Española.

La Directiva Marco 2008/98/CE sobre residuos se ha transpuesto al ordenamiento jurídico español a través de la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados.

La **Ley 22/2011**³³, **de Residuos y Suelos Contaminados** recoge el concepto de la Responsabilidad Ampliada del Productor y define su ámbito de aplicación. No obstante, no hace sino volver a plasmar lo mencionado en anteriores normas. Así, el Título IV está dedicado a desarrollar la Responsabilidad Ampliada del Productor.

En su artículo 31 se establece que:

Artículo 31. Concepto y obligaciones

En aplicación de la responsabilidad ampliada y con la finalidad de promover la prevención y de mejorar la reutilización, el reciclado y la valorización de residuos, los productores de productos que con el uso se convierten en residuos podrán ser obligados a:

Desarrollar, producir, etiquetar y comercializar productos aptos para usos múltiples, duraderos técnicamente y que, tras haberse

³³Boletín Oficial del Estado. Núm. 181. Viernes 29 de Julio del 2011. Sec. I. Pág. 85650.

convertido en residuos, sea fácil y clara su separación y puedan ser preparados para su reutilización o reciclado de una forma adecuada y sin riesgos y a una valorización y eliminación compatible con el medio ambiente.

Aceptar la devolución de productos reutilizables, la entrega de los residuos generados tras el uso del producto; a asumir la subsiguiente gestión de los residuos y la responsabilidad financiera de estas actividades, ofrecer información a las instalaciones de preparación para la reutilización sobre reparación y desguace, así como información accesible al público sobre en qué medida el producto es reutilizable y reciclable.

Establecer sistemas de depósito que garanticen la devolución de las cantidades depositadas y el retorno del producto para su reutilización o del residuo para su tratamiento.

El establecimiento de estas medidas se llevará a cabo mediante Real Decreto aprobado por el Consejo de Ministros, teniendo en cuenta su viabilidad técnica y económica, el conjunto de impactos ambientales y sobre la salud humana, y respetando la necesidad de garantizar el correcto funcionamiento del mercado interior.”

La **Ley de Residuos y Suelos Contaminados** vino a significar un paso más en la normalización de la gestión de residuos en España. El primer paso se dio ya en 1998 con la Ley Básica de Residuos 10/98 la cual supuso un gran avance en este sentido y, de hecho, ha sido la Ley que ha permitido la normalización de cuestiones como la gestión de los bienes fuera de uso (Vehículos Fuera de Uso, Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos o Neumáticos Fuera de Uso). La primera década del siglo XXI ha servido en cierta forma para poner a prueba esta normativa y para detectar los aciertos y errores cometidos. De esta forma, la Ley 22/2011 ha supuesto una concreción tras los 13 años transcurridos desde la entrada en vigor de su predecesora.

Como todos los desarrollos legales con un ámbito amplio y fruto de la negociación entre diferentes partidos políticos, administraciones y representantes de la sociedad y las empresas, la 22/2011 recoge una panoplia amplia de medidas que tratan de mejorar la gestión de los residuos. No obstante, en algunos casos tan importante como la propia norma es el desarrollo posterior de la misma que se hace a través de los Reales Decretos Leyes correspondientes a cada corriente de residuos concreta. Así, según se utilicen o desarrollen las herramientas planteadas en dicha norma pueden darse incluso resultados contrarios a la mejora en la gestión ambiental de los residuos que se pretende.

No obstante, el balance que podemos hacer de la 22/2011 es bastante positivo. Así, entre las **cuestiones positivas** que se pudieron encontrar está el reconocimiento del **fin de la condición de residuo** para aquellos residuos que, una vez procesados por el sector del reciclaje, cumplan con una serie de requisitos. Este reconocimiento a la labor de recuperadores y recicladores era una reivindicación que desde hacía ya décadas el sector venía haciendo. Se reivindicaba que una vez que un residuo pasaba por una planta de reciclaje no podía seguir considerándose al mismo como residuo sino que se había convertido en una nueva materia prima y debía tener la misma consideración que las materias primas vírgenes con las que, de hecho, competía en el mercado.

Además esta Ley clarifica el confuso concepto de la norma anterior de los *"residuos urbanos y asimilables a urbanos"* que había dado muchos problemas en los años de vigencia de la Ley 10/98 ya que en ocasiones no se tenía claro qué se consideraba "asimilable a urbano" y eso creaba conflictos de gestión entre los municipios y los gestores de residuos. Así, la nueva Ley, desgrana el anterior concepto creando nuevos conceptos como **"residuo doméstico"**, **"residuo comercial"** o **"residuo industrial"** permitiendo un mejor enfoque de las tipologías de residuos por su origen.

A nivel de trámites administrativos simplifica por un lado la carga documental si bien también la hace más amplia en cuanto a los colectivos

recogidos. Así, introduce las figuras del **agente** y el **negociante** con lo que aquellos empresarios que quieran operar comprando o vendiendo residuos deberán autorizarse y acreditar al productor de los residuos que los mismos son gestionados adecuadamente. Hasta la llegada de estas figuras era muy complejo hacer una trazabilidad del camino que seguían ciertos residuos ya que algunos de los integrantes de la cadena no estaban sometidos al mismo control documental y de información a las autoridades ambientales que los gestores de residuos.

De este modo al introducir las figuras del agente y negociante y les impone obligaciones, así, los bróker que quieran operar comprando o vendiendo residuos, aunque no los traten ni proceden y se limiten a transmitir la propiedad de una persona a otra, al menos tendrán que autorizarse y tendrán sus obligaciones y han de acreditar documentalmente al productor u otro poseedor inicial de dichos residuos que se gestionan adecuadamente sus residuos. Así mismo, se mejora la coordinación inter-autonómica de manera que un **transporte de residuos** dentro de España precise de una sola autorización. Antes de la llegada de esta norma se daba la situación de que cada Comunidad Autónoma exigía que los gestores que en ella actuasen o siquiera pasasen debían estar autorizados en dicha comunidad. Esto ha generado en la primera década de este siglo múltiples problemas y distorsiones del mercado de los residuos.

Este tipo de medidas ha permitido a la nueva norma avanzar hacia una mayor coordinación entre las diferentes administraciones que permita reducir la enorme carga administrativa (en muchos casos duplicada o triplicada) que venían sufriendo las empresas que gestionan o reciclan residuos.

Entre las cuestiones que podríamos considerar como **negativas** o mejorables estaría la desigual forma de aplicarla dependiendo de quien se trate. Así, mientras que no existió un **plazo de aplicación** para las empresas y las mismas debieron aplicarla desde el día siguiente a su publicación en el BOE, máxime cuando se trataba de una norma tan compleja como esta, por otro lado, si se reconocía dichos plazos a las

Administraciones Públicas (tanto Comunidades Autónomas como Ayuntamientos).

Por otro lado se incrementaron en ciertos ámbitos la cantidad y tipos de datos que se requieren de forma periódica pero sin establecer cláusulas de **confidencialidad** de los mismos, como sí tiene en cuenta la normativa europea. Esto supone de facto un peligro de indefensión para los gestores pues, aunque no debería ser así, las Comunidades Autónomas pueden tener acceso a datos sensibles que en manos de un competidor pueden perjudicar de forma importante a la empresa. Esto no sería un problema sino fuese el caso de que muchas comunidades posean además empresas públicas de gestión de residuos que compiten con las empresas privadas de este sector.

La Ley da además una gran capacidad a los **Ayuntamientos** (de los que en España hay más de 8000) para hacer planes propios de gestión de residuos, lo que a la hora de la puesta en práctica puede suponer un carísimo estado de "autarquía local" que imposibilite una gestión razonable y basada en economías de escala de las distintas líneas de residuos. En este sentido da la potestad al ayuntamiento de declarar un residuo como de **utilidad pública** así como también el establecimiento de instalaciones de valorización, almacenamiento y eliminación de residuos. Esto puede favorecer una cierta competencia desleal por parte de las empresas públicas de gestión de residuos en relación con las de iniciativa privada ya que la administración sería "juez y parte".

No obstante, se trata de una norma positiva que con la adecuada monitorización y desarrollo conjunto entre administraciones y empresas está mejorando el marco de la gestión de los residuos en nuestro país.

CONCEPTO DE LA RESPONSABILIDAD AMPLIADA DEL PRODUCTOR

La génesis del concepto de RAP

Durante los últimos 15 años ha habido un sustancial incremento tanto en el interés como en la implantación de programas de aplicación de la llamada Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP). Estos programas se han caracterizado por asignar una responsabilidad ya sea financiera o de acción directa a los productores por aquellos productos que han llegado al final de su vida útil, con el interés de reducir el vertido de residuos, promover la conservación de los recursos mediante el reciclado y potenciar el diseño de productos cada vez más amigos³⁴ del medio ambiente. Al tiempo que se producía una implementación de estos sistemas de RAP, se ha desarrollado una amplia literatura en la última década entorno al tema.

Dentro del marco de multitud de políticas que se aproximan o internan en el concepto de RAP, la reducción en la generación de residuos, o mejor dicho, de desechos no reciclados es un lugar común, que se puede enfatizar desde el concepto de conservación de las materias primas, reducción de daños ambientales durante el proceso de producción o mejora del diseño de productos amigable con el medio ambiente.

La RAP, hasta cierto punto, no es un concepto nuevo. En parte porque el mercado del reciclaje ha sabido recompensar la responsabilidad del productor que ha sabido ir más allá del mero ciclo extraer+fabricar+usar+tirar. La Reutilización y el Reciclaje de productos desechados tiene una larga trayectoria, guiada sobre todo por el precio de los materiales y los incentivos privados. Sin embargo, dichos incentivos

³⁴ El término "amigo del medio ambiente" se utiliza aquí pues en la bibliografía y legislación acerca de la RAP, es este un término usado de forma muy profusa y siempre queriendo decir que se minimiza el impacto ambiental de un determinado elemento. Es más usado en su acepción inglesa: "*environmentally-friendly*"

para el tratamiento de productos fuera de uso pueden ser insuficientes para alcanzar los niveles óptimos o considerados necesarios por parte de la sociedad en tanto que responsabilidad del productor. Así, mientras que los mercados de materiales reciclados llevan existiendo siglos³⁵, la creciente conciencia social en torno al problema que la contaminación y los residuos generaban en torno a los años 90 del pasado siglo llevó al desarrollo de una nueva política de gestión de residuos tomando como base el principio de la RAP.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) define la RAP como³⁶:

“RAP es una aproximación de la política ambiental en la cual la responsabilidad del productor, física y/o financiera, en relación a un producto se extiende hacia la fase de post-consumo del ciclo de vida de dicho producto. Las políticas de RAP tienen dos características:

- 1) el desplazamiento de la responsabilidad (física y/o económica, total o parcial) aguas arriba hacia el productor y lejos de las municipalidades.*
- 2) Y la inclusión de incentivos para que los productores incorporen consideraciones medioambientales en el diseño de sus productos”.*

El Manual de RAP de 2001 de la OCDE también establece que la RAP puede ser implementada utilizando una de las tres categorías de instrumentos siguientes:

- a) Requisitos de devolución y retorno.
- b) Instrumentos económicos, que incluyen herramientas basadas en incentivos tales como los sistemas de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR), tasas de vertido diferenciadas y otro tipo de tasas en cascada.

³⁵ Clara muestra de esta antigüedad lo tenemos en el hecho de que los palacios renacentistas se hicieron utilizando columnas o piezas de palacios romanos o que el Coloso de Rodas fue reciclado para hacer cañones con su bronce.

³⁶ OECD (2001), *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*, OECD Publishing, Paris.. ISBN 9789264189867.

c) Normas de actuación.

Sin embargo, es importante recalcar que existen múltiples definiciones de RAP en la literatura. Así, hay algunas tan estrictas que se limitan a considerar la RAP como la existencia forzosa de sistemas de devolución y retorno³⁷. Si bien la de la OCDE resulta más adecuada pues es más completa, desglosada y además está referida a un documento específico.

Merece la pena reflexionar un momento en el objetivo que debe perseguir la RAP. Así, según Margaret Walls³⁸, el claro y único objetivo de la RAP debería ser la maximización del bienestar social. Del mismo modo que ese debería ser también el objetivo de cualquier política medioambiental. Ella, no obstante, enfatiza que el objetivo específico de la RAP debe ser la reducción del volumen de residuos vertidos. Algunos autores sin embargo, alegan que debe sumarse al objetivo anterior el de reducir el impacto de dichos residuos y ponen el foco en la reducción de la toxicidad y peligrosidad de los residuos y no sólo su volumen. Walls plantea que cuando la producción y el consumo producen externalidades negativas tales como la polución y los residuos, los gobiernos tienen la obligación de intervenir en los mercados para tratar de reducir el nivel de polución o residuos al punto en el que el beneficio social marginal de reducir en una o más unidades es igual al coste social marginal de hacerlo. Así, muchos gobiernos consideran las externalidades negativas de ciertos productos en su fase de post-consumo un problema medioambiental creciente hasta el punto de hacerse necesaria una intervención.

No obstante, antes de arrojarse en los brazos del intervencionismo es fundamental contar con elementos de análisis que nos permitan decidir en qué casos es necesaria esa intervención y en qué casos no. Así, parece sin

³⁷ Así, el Product Stewardship Institute, define RAP como: “*tipo obligatorio de gestión de producto que incluye, como mínimo, el requerimiento de que la responsabilidad del productor en lo tocante a su producto se extienda a la gestión del producto en su fase de post-consumo así como del envase*”. (<http://productstewardship.us/displaycommon.cfm?an=1&subarticlenbr=231>) acceso octubre 2014.

³⁸ OECD (2004), *Economic Aspects of Extended Producer Responsibility*. P. 11

duda conveniente cuando haya problemas de vertidos ilegales o cuando el mercado de reciclaje funciones de forma deficiente.

Es importante pararse un momento a analizar cuáles han sido los efectos reales de la aplicación de políticas de RAP. Lo cierto es que dichas políticas han sido muy efectivas a la hora de potenciar la recogida y selección de los bienes al final de su vida útil. Pero no está tan claro que haya habido cambios sustanciales el diseño de los productos que pueda ser achacado a la aplicación de un principio de RAP. Diríase que los productores aplican este tipo de esquemas para cubrir su responsabilidad pero no con una intención cierta y verdadera de mejorar la reciclabilidad de sus productos.

Lo cierto, en cualquier caso, es que la tendencia en toda la OCDE es a implementar esquemas de RAP. Pero precisamente por esa tendencia es por lo que se hace necesario analizar la eficacia de dichas políticas para determinar tanto su efectividad medioambiental como su eficiencia económica. Además se da la circunstancia de que las diferentes políticas de aplicación de esquemas de RAP son muy dispares de tal forma que la comparación entre las mismas resulta compleja y requiere de estudios muy costosos. Como más adelante vemos en esta Tesis, es necesario llevar a cabo un análisis pormenorizado de los resultados de cada esquema así como de los límites técnicos, económicos y ambientales para poder extraer conclusiones sobre la preferencia de uno u otro modelo.

Además es fundamental como plantea Candice Stevens³⁹, analizar de forma precisa la relación entre la innovación tecnológica y las políticas de EPR ya que lo que en un momento puede ser un imperativo a medida que cambia la tecnología puede convertirse en un freno al desarrollo del reciclaje. Un ejemplo real que ilustraría esta cuestión podríamos tenerlo en la planta de reciclaje de frigoríficos (TPA, Técnicas de Protección Ambiental, S.A.) que la Generalitat de Catalunya construyó en los años 90 para dar respuesta a la necesidad de que se pudiesen gestionar en España los frigoríficos al final de

³⁹ Extended producer responsibility and innovation. Stevens, Candice A. Artículo publicado en OECD, ISBN 9264105263. - 2004, p. 199-217

su vida útil con gas CFC y HCFC que de ser emitidos a la atmósfera agotaban la capa de ozono. Durante casi 10 años dicha planta supuso la punta de lanza de la gestión de este tipo de equipos en España y de hecho, marcó el desarrollo posterior de dicha gestión. Pero a partir de 2005, con la llegada del RD 208/2005 sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la implantación de un sistema que responsabilizaba efectivamente a los productores de la gestión de dichos equipos usados, una serie de iniciativas privadas fueron implantando más plantas de gestión de este tipo de residuos. Las nuevas plantas eran más modernas, eficientes y económicas. La planta del municipio barcelonés del Pont de Vilomara que había sido bandera de una gestión correcta pasó a estar obsoleta y la Generalitat de Catalunya en lugar de dar paso a ese relevo lo que hizo fue blindar la planta declarando los frigoríficos usados en Catalunya "*de utilidad pública*"⁴⁰ y cerrando así, el paso a que los mismos pudiesen salir de dicha Comunidad Autónoma o a que otras plantas de reciclaje de frigoríficos se instalasen en su territorio. Vemos por tanto con este ejemplo como tan importante es saber cubrir una necesidad como saber dar un paso atrás cuando la misma ya no es necesaria. De hecho, si bien Cataluña ha derogado dicho principio⁴¹ en su Ley 9/2008 reguladora de los residuos, de facto en la Disposición Transitoria Segunda, establece que dicha supresión "*entra en vigor para cada tipología de residuos una vez extinguidos los contratos de concesión de la gestión de servicio público vigentes*", con lo que dicha declaración de servicio público se extiende varios años más⁴².

Tan importante como el análisis del estado del arte en tecnología para adecuar las políticas de RAP lo es el que las Organizaciones de Responsabilidad del Productor (ORP) estén optimizadas. Así, como plantean

⁴⁰ Ley 6/1993, de 15 de julio, reguladora de los Residuos de la Comunidad Autónoma de Cataluña. BOE num. 203 de 25 de agosto de 1993 p. 25650 - 25666

⁴¹ Ley 9/2008, de 10 de julio, de modificación de la Ley 6/1993, reguladora de los residuos. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya num. 5175 de 17 de julio de 2008.

⁴² El 2 de febrero de 2006 el grupo FCC a través de su filial Técnicas de Protección Ambiental (TPA) obtuvo la adjudicación de la gestión de la planta de Pont de Vilomara i Rocafort por diez años prorrogables a otros seis. Con lo que se asegura la gestión de todos los frigoríficos de Cataluña en monopolio hasta 2021

Naoko Toja y Lars Hansson⁴³, estas organizaciones pueden ser útiles para promover la innovación siempre que las tasas cobradas y los costes de operación de la gestión de esos residuos estén claramente identificados pues puede existir la tentación, por ejemplo por parte de un ayuntamiento, de mantener un cierto servicios de gestión de residuos por el hecho de salvaguardar los puestos de trabajo y no tanto por potenciar la eficiencia en la gestión de dichos residuos.

La gobernanza de estos sistemas es crucial para la efectividad de los sistemas de RAP. Por eso un cuidadoso análisis del producto del que se trate, de su mercado, de los aspectos técnicos, sociales, estructurales e institucionales es crucial antes de decidir si implementar un sistema individual o colectivo de responsabilidad ampliada y con qué profundidad y amplitud. Además los agentes económicos implicados en una u otra manera en el desarrollo de la RAP (por ejemplo, productores, distribuidores o plantas de reciclaje y gestión de residuos) deben contar con incentivos económicos o financieros apropiados para estimular su participación y para reducir el impacto de los residuos ya que como más adelante veremos en la lógica real del día a día la conciencia ambiental sólo sirve hasta cierto punto y ha de ser la lógica económica la que guie el sistema.

Obviamente e independientemente del grado de profundidad de la intervención en el mercado de los bienes fuera de uso que tengan las organizaciones de responsabilidad del productor hay una labor que sí deben llevar a cabo en todo caso y es la de asegurar una continua monitorización y evaluación tanto *ex ante* como *ex post* del desarrollo económico y medioambiental del sistema establecido. Han de detectarse los fallos y lagunas del sistema de reciclado para actuar de forma precisa sin intervenir más de lo necesario pero siendo capaces de corregir la disfunción observada.

⁴³ EPR-systems and new business models. Part II: Policy packages to increase reuse and recycling of textiles in the Nordic region. TemaNord. Nordic Council of Ministers

Ilustración 2. Políticas utilizadas en aplicación de la RAP



Fuente: elaboración propia

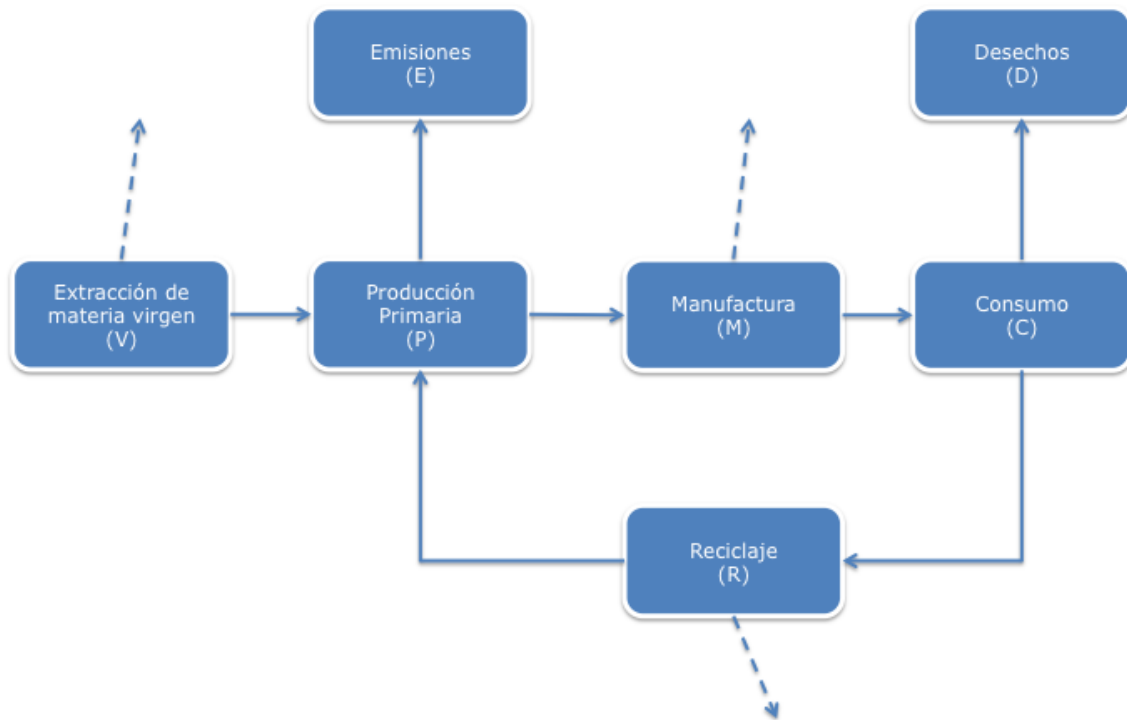
Generalmente la primera política suele ser la de recogida del producto fuera de uso con objetivos de reciclaje. Así, se exige al productor que recupere los productos que él ha fabricado y vendido una vez que los mismos han llegado al final de su vida útil. Normalmente esto viene acompañado con objetivos de reutilización y reciclado. Obviamente esta política puede tener muy diversas formas dependiendo de que se trate de un productor individual o de un colectivo de ellos, que obviamente tendrán que organizarse. En este segundo caso aparece una nueva problemática y es el establecer los objetivos y resultados para cada una de las firmas integrantes del sistema. Muchas veces se obvia esta diferencia y se diluyen las responsabilidades individuales dentro del cumplimiento de objetivos globales. Lo cual sin duda, por otro lado, puede desincentivar a los más eficientes y "reciclables" frente a los que lo son menos pero acaban cumpliendo también sus objetivos al sumarse al conjunto.

La segunda mencionada se basa en el sistema de Depósito y Retorno. Dicha política apoyada en el mercado en el sentido de que introduce incentivos para reducir la producción de residuos. Bajo la lógica de un sistema de depósito y retorno se carga una cantidad de dinero en el punto de venta en concepto de depósito y dicha cantidad es devuelta si el producto se devuelve una vez usado a un punto de recuperación o reutilización. Esta política tiene una larga tradición de utilización en el campo de los envases de productos y fue muy popular en España hasta finales de los años 80.

En tercer lugar tendríamos la política del pago del canon de vertido por adelantado. Así, en el punto de venta del producto nuevo se cobra dicho canon con lo que se asegura contar con los fondos para poder gestionar el residuo al final de la vida útil del producto. Un ejemplo de este sistema sería el que existe con los neumáticos en el cual se paga entre 1,5€ y 2€ al comprar un neumático nuevo de tal manera que se financie la gestión, reciclaje y, si fuese el caso, vertido del neumático una vez esté gastado.

En cuarto lugar tenemos tendríamos la imposición sobre las materias primas vírgenes que lo que pretende es incentivar el uso en los procesos de producción de inputs reciclados en lugar de inputs vírgenes. Mientras que las dos anteriores políticas se ponen en práctica en el punto de venta, esta política lo hace aguas arriba en el propio proceso de producción y afecta a las opciones que toma el productor a la hora de elegir los elementos con los que conforma su propio proceso de producción. De algún modo esta política introduce los costes no visibles dentro del sistema de tal manera que el coste de utilizar una u otra materia prima tenga en cuenta no sólo su coste de extracción sino también los otros efectos como la contaminación, el consumo energético o el agotamiento de los recursos no renovables.

Ilustración 3. Ciclo de Vida del Producto



Nota: las flechas sólidas representan flujos de material; las flechas intermitentes indican otras externalidades no tratadas en esta Tesis.

Fuente: elaboración propia

La ilustración 1 es útil a la hora de ilustrar visualmente la simple conexión conceptual en el ciclo de vida de un producto, así como la forma en la que las diferentes políticas y objetivos encajan en dicho ciclo de vida⁴⁴. El sector de extracción de materias primas vírgenes (V) produce aquellos materiales que son usados como input por parte de los productores (P) de los productos primarios básicos. Estos productores utilizan también materia prima reciclada (R) para al final aportar a las manufacturas los elementos necesarios para llevar a cabo la fabricación de productos de consumo que son adquiridos por parte de los consumidores (C).

⁴⁴ Existen muchas versiones de esta figura. La estructura particular aquí creada pretende poner de manifiesto elementos esenciales en lo que a los objetivos y políticas relativos a la RAP supone.

La quinta política aplicable consiste en una aplicación mixta al productor de tasas y subsidios que se cobran o se devuelve dependiendo de la efectividad de su sistema de gestión. Se trata de una especie de sistema de depósito y retorno pero aplicado aguas arriba en la fase de fabricación (M).

Finalmente la sexta y última política practicada es sencillamente la imposición de una serie de requisitos que exijan el uso de un determinado porcentaje de input reciclados en el proceso de fabricación.

En teoría, si lográsemos aplicar un sistema de precios que reflejase en cada escalón del proceso el verdadero coste y beneficio social, en ese caso las decisiones de producción y consumo serían económicamente eficientes. El problema es que en la realidad, como muy bien apunta Annie Leonard en *"The Story of Stuff"*⁴⁵, hay muchas externalidades cuyos costes no están reflejados en el precio de los productos. Un análisis al ciclo de vida completo de un producto nos permitirá comprobar que tanto en la fase de extracción de la materia prima como en la de producción de los materiales o la de fabricación del producto sólo se integran en la cadena de valor las cuestiones monetarias pero no otras como los impactos al medio ambiente en áreas no reguladas, los abusos de las condiciones laborales o los bajos salarios en ciertas zonas o el consumo de materiales no renovables.

El Infraciclado (DownCycling) frente al Supraciclado (UpCycling)

Desde que William McDonough y Michael Braungart⁴⁶ expusieran en 2005 el necesario cambio de concepto en la forma de entender el ciclo de los productos y los materiales y plantearon la necesidad de establecer una economía circular como única forma de mantener el desarrollo y mejora de la calidad de vida a largo plazo se había diagnosticado el problema del

⁴⁵ Leonard, Annie. *"The Story of Stuff: The Impact of Overconsumption on the Planet, Our Communities, and Our Health- And how we can make it better"*. Free Press. Marzo 2010. ISBN: 978-1-4391-2566-3

⁴⁶ McDonough, William y Braungart Michael, *Cradle to Cradle (de la Cuna a la Cuna)*. 2005. McGraw-Hill. ISBN: 84-481-4295-0

agotamiento de los recursos naturales pero no se tenía un planteamiento sólido que plantease un camino alternativo viable. Frente al concepto de responsabilidad "De la Cuna a la Tumba" este nuevo enfoque plantea una revisión integral del ciclo del producto de tal manera que el mismo sea concebido teniendo en cuenta que al final de su vida útil puedan sus elementos descomponerse y reutilizarse, biodegradarse o reciclarse íntegramente y para el mismo fin para el que fueron creados. Estos autores frente al tradicional concepto de reciclaje definen el de *supraciclado* (*upcycling*) e *infraciclado* (*downcycling*).

El infraciclado sería aquel proceso según el cual un material se aprovecha pero de manera ineficiente ya sea porque este aprovechamiento es parcial o porque dicho material se degrada convirtiéndose en un material de inferior calidad que, de hecho, ya no sirve para el fin para el que fue creado originariamente. Un ejemplo podemos encontrarlo en las latas de bebida de aluminio compuestas por dos aleaciones diferentes de aluminio en el cuerpo de la lata lo que hace que al reciclar las latas al final de su vida útil se obtenga una mezcla de aluminio con magnesio y manganeso y por lo tanto y salvo que añada nuevo aluminio primario ese aluminio no se utilice para fabricar nuevas latas sino para otros usos de aluminio menos exigente. Algo parecido pasa con las botellas de plástico en las que encontramos diferentes tipos de plástico en el cuerpo de la botella, el tapón de la misma y la etiqueta con lo que al prensarlas y triturarlas lo que se obtiene es una mezcla de plásticos variadas que, obviamente, no sirve para hacer una nueva botella, sino para otros plásticos de menor calidad. Otro ejemplo podríamos encontrarlo en el hecho de hacer un jersey con fibras provenientes de botellas de plástico poniendo así, sobre la piel un producto que no fue diseñado para estar en contacto con la piel y que por lo tanto podría producir algún perjuicio. De hecho hay quien plantea que el reciclado que hacemos de forma habitual de materiales como el vidrio (que al mezclar colores al recogerlo ya no puede ser blanco otra vez), el plástico (que mezclamos sin tener en cuenta el tipo de plástico) o incluso los metales (con la mezcla de aleaciones antes planteada) es en realidad un sistema crónico de infraciclado.

Es importante comprender hasta que punto esto es importante y puede afectar profundamente al futuro industrial y de la economía mundial. Así, un ejemplo muy claro lo tenemos en el caso del acero y el cobre contenido en él. Hoy en día se producen en el mundo en torno a 1600 millones de toneladas de acero⁴⁷, de las cuales el 40%, unos 600 millones de toneladas, provenía del reciclaje de chatarras férricas. Esto nos da una idea de hasta qué punto la calidad y reciclabilidad de las chatarras férricas puede ser un tema crítico para la economía. En el caso de España es aun más importante pues más del 90% del acero que se fabrica en nuestro país se hace con chatarra férrica como materia prima⁴⁸.

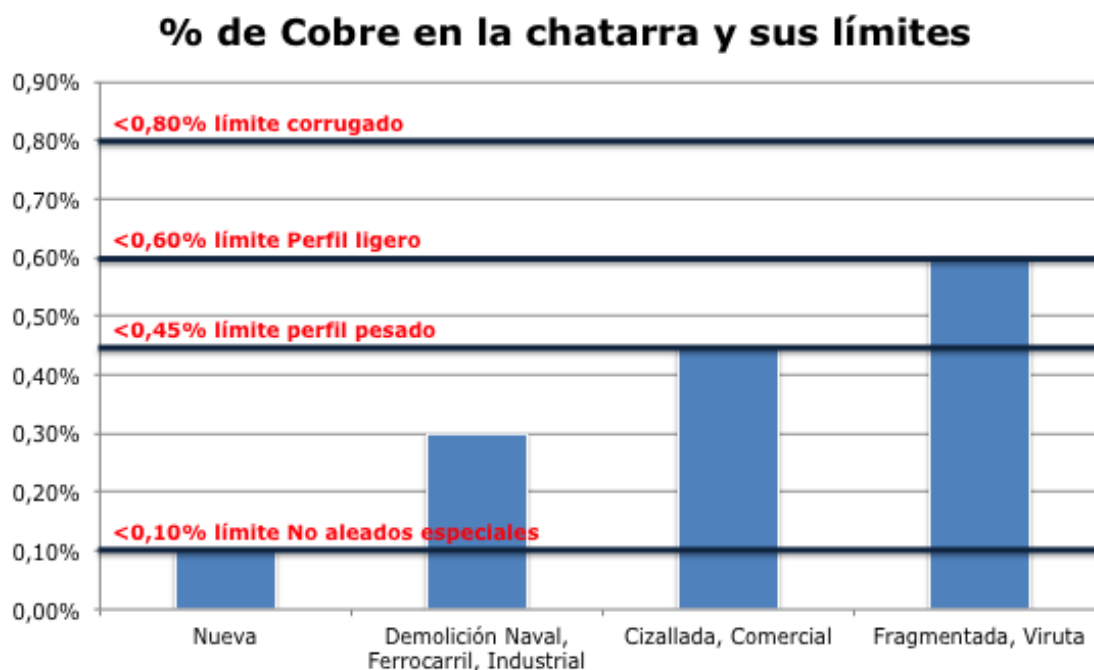
Precisamente en un tema tan importante como este, el del acero, se da un problema de infraciado que está llevando a un punto sin retorno a la industria siderúrgica. El problema radica en la contaminación marginal con cobre de las producciones actuales de acero. El cobre y el acero tienen una densidad similar por lo que por peso no son separables. Son múltiples las aplicaciones en las que estos dos metales aparecen juntos (aunque no mezclados) como los motores eléctricos o los inducidos. Tradicionalmente la calidad y limpieza de las chatarras que se han aprovisionado a las plantas siderúrgicas no eran muy buenas y lo cierto es que los procedimientos de incentivo a la limpieza que los propios responsables de siderúrgicas aplicaban eran escasos. Se primaba el tonelaje por encima de la calidad y esto ha hecho que al llegar al horno de la siderurgia mucha de la chatarra férrica estuviese "contaminada" con otros materiales. Aquellos que fuesen combustibles, como los cauchos, las maderas o los plásticos a los 10.000°C a los que está el arco eléctrico que funde el acero se quemaban e incluso pasaban a hacer un aporte energético al caldo de fundición. Otros metales menos nobles que el hierro, como el Magnesio, el Silicio o el Manganeso eran eliminados por un proceso de oxidación. El problema es que el cobre es un metal más noble que el hierro y por lo tanto no es posible eliminarlo por el mismo proceso. Consecuentemente este cobre residual proveniente

⁴⁷ Datos de World Steel in Figures 2014. World Steel Association. www.worldsteel.org

⁴⁸ Datos de La Industria Siderúrgica Española 2014. Unión de Industrias Siderúrgicas (UNESID). www.unesid.org

de un poco eficiente proceso de reciclaje acababa incorporándose a la aleación de acero y formando parte no separable de la matriz de la misma. De modo que cuando estos productos volvían al ciclo del reciclado, pasada la fase de uso, ya contaban en sí con la contaminación inicial de cobre embebido del primer ciclo a la cual se sumaba la del nuevo ciclo de reciclado y así, sucesivamente. De este modo y casi de forma imperceptible (no al menos por los jefes de compras de las fundiciones y los directores comerciales de las plantas de chatarra) se iba depauperando la materia prima y acercándose a límites en los que su uso se empeoraba.

Ilustración 4. Límite de contenido en cobre en la chatarra férrica según el fin



Fuente: elaboración propia a partir de datos de C. Sánchez (Siderúrgica Sevillana)

Como puede verse en la tabla anterior los diferentes tipos de chatarra incorporan (en barras azules) un porcentaje medio de cobre que imposibilita el uso de dicha chatarra para según que usos. Así, por ejemplo para chatarras no aleadas especiales el límite de cobre es de 0,10% y desgraciadamente las chatarras nuevas provenientes directamente de recortes de producción ya tienen ese grado de contaminación con lo que directamente queda excluida la chatarra de este destino y el mismo sólo puede llevarse a cabo con mineral de hierro virgen. De este modo y si no se

cambia el proceso y se mejoran los sistemas de reciclado, llegará el momento en que el acero proveniente de chatarra tendrá embebido un porcentaje de cobre tal que la hará inservible incluso para los usos menos exigentes como el del corrugado. Tal y como asegura Carlos Sánchez⁴⁹, resulta por tanto crucial estabilizar al máximo el contenido de cobre en la chatarra pues valores por encima del 0,60% dificultan enormemente el proceso de valorización en horno eléctrico.

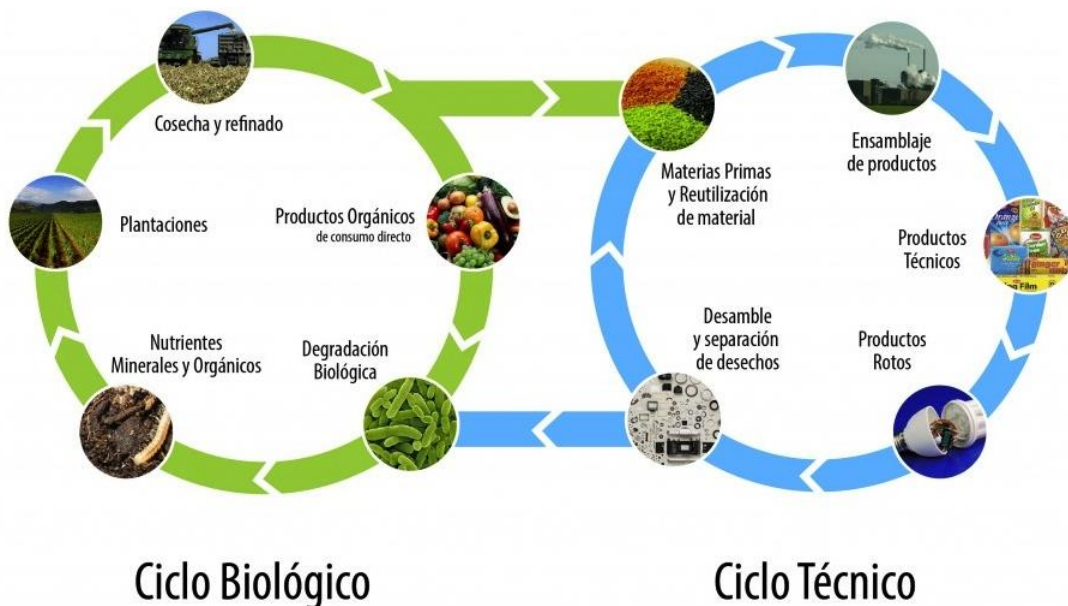
Frente a este concepto de infraciclado, McDonoug y Braungart desarrollan el de supraciclado en el que el propio proceso de reciclaje se convierte en una depuradora de materiales que consigue materiales y productos de mejor calidad y pureza que aquellos que llegaron al proceso. La diferencia entre el simple reciclado y el supraciclado sería que el primero toma los residuos para descomponerlos en materiales básicos que se puedan procesar y dar lugar a un nuevo producto de consumo. El supraciclaje, en cambio, no trata de descomponer los materiales, sino de rehacerlos y transformarlos. Así, el objeto supraciclado tiene la misma o mayor calidad que el objeto del que proviene. El supraciclado realmente no es algo nuevo, de hecho Henry Ford mandaba sus primeros camiones del Modelo A en una caja de madera que, una vez llegaban a su destino se convertía en la propia caja del camión.

Esta nueva concepción del ciclo de vida de los productos se apoya en el concepto de *Cradle to Cradle* (C2C). Este concepto realmente está perfectamente alineado con una concepción profunda e integral de la RAP. Así, al concebir todo el sistema como una cadena continua eliminaría el concepto de "residuo" como tal pues todos los elementos de los que se compondría un producto, al llegar al final de su vida útil serían "nutrientes" de uno de los dos ciclos: el biológico (que es básicamente el de la naturaleza basado en la degradación biológica natural) y el técnico que descompone los productos no biológicos en productos primarios no peligrosos y los vuelve a integrar como materias primas de primera calidad

⁴⁹ C. Sánchez, Director de Medio Ambiente de Sideúrgica Sevillana. 12º Congreso Nacional de la Recuperación y el Reciclaje. Madrid. Junio de 2014.

en el proceso de producción de nuevos productos. Bajo el paradigma de “*waste = food*” (residuo = comida) desaparece el concepto de “consumo” que lleva a los productos a una especie de “tumba” en forma de residuo y lo sustituye por un concepto de “utilización” en el que los materiales brindan un uso en un momento dado para luego volver a introducirse en la cadena.

Ilustración 5. Ciclos biológico y tecnológico (Cradle to Cradle)



Fuente: McDonough y Braungart

Volviendo a los objetivos de la RAP, un mejor concepto del ciclo del producto en nuestra ilustración 2, conllevaría una reducción de los desechos (D) o parte no reciclada del producto y por lo tanto mejoraría la calidad ambiental de dicho producto. Además en la medida en que se incrementa la cantidad de materiales reciclados (R) de forma correcta se reduce la cantidad de desechos a gestionar (D) y de emisiones (E). Desde un punto de vista económico la idoneidad de recudir los desechos generados y la cantidad de energía necesaria para el proceso (y por tanto las emisiones) es evidente ya que representan costes externos. La razón de los costes externos puede no aplicarse de forma tan evidente a la extracción de recursos naturales a no ser que se tengan en cuenta las externalidades o costes no reflejados a las que antes nos referíamos.

De este modo dentro de las diferentes política analizadas:

- La política de Recogida del producto con objetivos de reciclaje incrementa el canal del reciclaje (R) al tiempo que modifica el porcentaje de uso de material reciclado o virgen (V) por parte del productor de materiales (P).
- El sistema de depósito/retorno establece una carga en las transacciones entre el productor (M) y el consumidor (C), pero altera las posibles decisiones de vertido del consumidor incrementando la fracción reciclada (R).
- En el caso del Canon por vertido por adelantado, se estaría cargando también la transacción de compra venta con una tasa pero simplemente se estaría cargando dicho coste de vertido en el momento de la compra del Fabricante (M) al Consumidor (C).
- En el caso de establecer un sistema de tasas y subsidios al productor, se está gravando la transacción entre productor de material (P) y Fabricante del producto (M) al tiempo que se subvenciona el canal del reciclado (R).
- Finalmente si incluimos en los estándares la obligatoriedad de un porcentaje de material reciclado, afectamos al balance de materias primas vírgenes (V) o recicladas (R) por parte del productor primario (P) a favor de estas últimas.

CAPÍTULO 2. EL SECTOR RECUPERADOR

*"No malgastes ni la cosa más pequeña creada,
porque los granos de arena hacen montañas y
los átomos el infinito"*

E. Knight

ESTRUCTURA, LA PIRÁMIDE INVERTIDA

A la hora de abordar la presente Tesis resulta fundamental tratar de exponer una visión integral del sector recuperador, de sus actividades y de los principales elementos y materiales que trata.

El sector de la recuperación es sin duda uno de los grandes desconocidos de la economía española pues pese a su importancia y dimensión económica es prácticamente un desconocido. Una de las razones de este desconocimiento es que el mismo se encuentra entre el ciudadano y las plantas consumidoras de materias primas recicladas, pero el ciudadano sólo tiene la perspectiva de la fracción más pequeñas de este sector, el del recolector primario de la recogida capilar, al que muchas veces identificamos con una pequeña furgoneta o incluso con un carrito de la compra que va recogiendo residuos.

Ilustración 6. Ejemplo de recuperadores primarios



Ejemplos diversos de recuperadores capilares básicos

Pero lo cierto es que esta nos es más que una de las partes del sector que realmente supone una pieza clave para la economía constituyendo el 80% del aprovisionamiento de materias primas del sector del acero, el 40% del del cobre, el 50% del del aluminio o el 100% del del plomo.

Es el recuperador un sector que procesa y gestiona al año en España todo el parque automóvil que se da de baja (más de 750.000 coches al año), además de los bienes fuera de uso más diversos (envases, electrodomésticos, neumáticos, muebles, edificios, naves, barcos, aviones, y un largo etcétera).

Ilustración 7. Ejemplos de transporte masivo de chatarra



Traslado en Barcos



Traslado en tren



Traslado en camión

Anualmente, se reciclan en España más de 7 millones de toneladas de chatarras férricas, casi 1 millón de toneladas de metales no férricos, 340.000 toneladas de caucho, etc. Estamos por tanto ante un sector crucial para la economía pero probablemente uno de los más ignorados por la propia economía.

Ilustración 8. Ejemplos de actividades de reciclado



Fragmentación



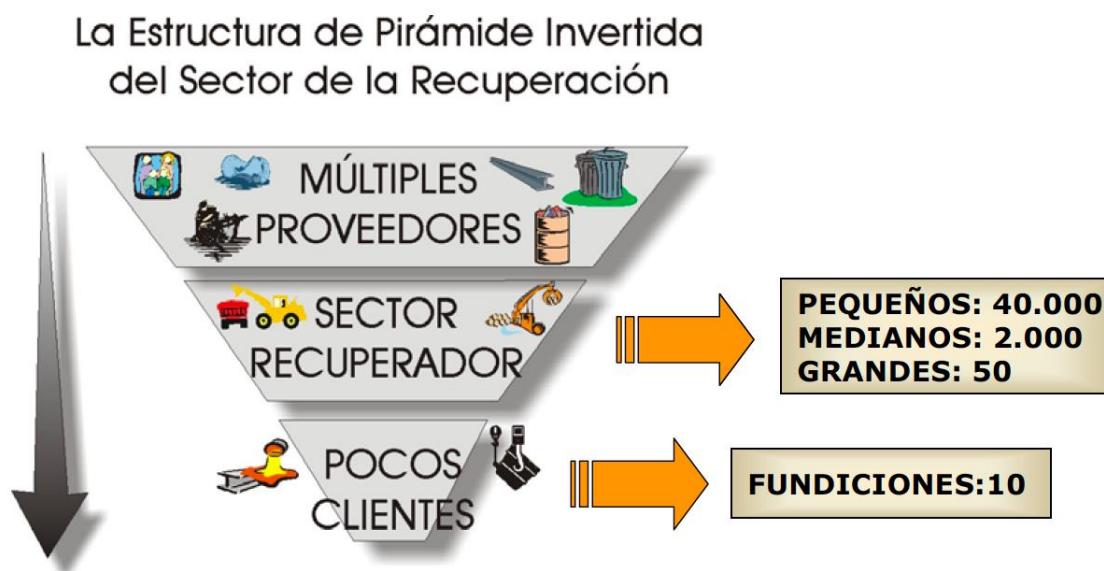
Corte



Cizallado

Una de las características diferenciales de este sector en relación con otros de la industria es su estructura en forma de pirámide invertida.

Ilustración 9. Pirámide representativa del sector recuperador español



Fuente: elaboración propia

La estructura habitual de un sector tiene una forma de pirámide de base ancha, con una cúspide formada por unos pocos productores, una red de distribución de gran volumen seguida por una red de tiendas en las que se comercializan los productos y, finalmente la base de la pirámide formada por todo el universo de consumidores del producto del que se trate. El sector recuperador es diferente pues su estructura es justo la contraria. Cuenta con una gran multitud de proveedores formados por toda la población y destacando pequeños recolectores, economías familiares, empresas, con infinidad de orígenes y tipos de mercancías. A medida que descendemos en la pirámide observamos como los recuperadores de pequeño tamaño, en ocasiones dotados de poco más que una furgoneta, llevan a cabo una labor de concentración y clasificación de los materiales que han recogido. Tras esta amplia red de recolectores se incluyen primeramente las pequeñas plantas recuperadoras que hacen acopio del material que posteriormente envían a plantas de mayor tamaño, donde se concentran y clasifican los materiales (hay muchos pequeños

recuperadores, algunos medianos y pocos grandes). Finalmente una vez que el material ya ha sido procesado, clasificado y preparado para su consumo el mismo se vende a unos pocos clientes finales que son los consumidores de materias primas recicladas para la fabricación de materiales. Destacan en este último escalón de la pirámide invertida las fundiciones de metales (Acero, Aluminio, Cobre, etc.).

Así, mientras que en la cúspide de esta pirámide invertida contamos con los 46 millones de españoles, se calcula que unos 40.000 pequeños recolectores integran el siguiente escalón seguidos por no más de 2000 pequeñas empresas que cuentan con un almacén, unas 50 plantas de mayor tamaño y, finalmente no más de 10 plantas de consumo de cada material preparado.

Esta estructura singular marca de forma muy importante al sector recuperador ya que muchos desarrollos legales, económicos o incluso fiscales están concebidos para una economía en forma de pirámide convencional. Un ejemplo claro lo tendríamos en el caso de la tributación indirecta como el IVA, en el que cada escalón cobra en del anterior (más numeroso) el IVA soportado y lo resta de su IVA repercutido ingresando a Hacienda Pública la diferencia. Cada escalón debe ingresar la parte de su valor añadido. Todo el sistema de inspección fiscal está pensado para una estructura en la cual a medida que subimos en la cadena se va concentrando en menos empresas y de mayor tamaño con lo que el control es posible. El del IVA aplicado al sector de la recuperación de metales fue sin duda un caso muy representativo pues hasta que en 2004 se estableció un sistema de Inversión del Sujeto Pasivo (de facto un IVA cero), casi el 50% del comercio de chatarras de aluminio y cobre, las de mayor valor y por lo tanto mayor valor añadido, se movían en el mercado negro defraudando a Hacienda. Una red de mafias del IVA se permitían comprar y vender al mismo precio a través de sociedades creadas al efecto ganando un 16% de cada operación pues no ingresaban el IVA cobrado. La inspección fiscal no lograba actuar eficazmente contra estos delincuentes precisamente por la estructura piramidal invertida del sector recuperador ya que a la hora de ir en busca del IVA no ingresado se encontraban cada

vez con un sector más atomizado entre el que los defraudadores ya se habían encargado de borrar su rastro. Se trataba de un robo a la Hacienda Pública que se calculó en unos 3.000 millones al año pero colateralmente producía un daño a los operadores legales del sistema que se veían incapaces de competir en ese entorno. Personalmente tuve la suerte de dirigir la comisión que durante 7 años, de 1997 a 2003 luchó por cambiar la Ley del IVA en lo tocante a la recuperación de metales. Y fui también el coordinador del grupo de trabajo que a nivel europeo (una vez que se comprobó que no se trataba de un problema únicamente español) tuvo que luchar en Bruselas ante la Comisión para tratar de modificar la 6ª Directiva⁵⁰ e introducir la figura de la Inversión del Sujeto Pasivo. Fue precisamente la comprensión de ese hecho diferencial que suponía la estructura de pirámide invertida del sector de la recuperación la que marcó el punto de inflexión que permitió cambiar la norma europea, y a continuación la Ley del IVA española. Así, desde el 1 de enero de 2004 el comercio de chatarras férricas y no férricas, papel y cartón o vidrio se encuentra exento de IVA mediante la aplicación de la inversión del sujeto pasivo⁵¹ haciéndose toda la compraventa de materiales de recuperación sin IVA y cobrándose todo el IVA generado por la cadena cuando el fabricante vende los productos fabricados con esas materias primas.

⁵⁰ Sexta Directiva del Consejo en materia de armonización de legislaciones de los estados miembros relativas a los impuestos sobre el volumen de negocios – Sistema común del impuesto sobre el Valor Añadido. 77/388/CEE de 17 de mayo de 1977

⁵¹ Artículo 84. Uno. 2º. C de la Ley 37/1992 de 28 de diciembre del Impuesto sobre el Valor Añadido.

CLASIFICACIÓN DE LAS CHATARRAS

Para hacernos una idea clara de las actividades que engloba este sector debemos empezar por hacer una clasificación de los materiales con los que trabaja. No podemos olvidar que son las chatarras metálicas el motor que mueve en gran medida a este sector y son el material con mayor valor en los 3 bienes al final de su vida uso que estudiará esta Tesis: envases de aluminio, vehículos fuera de uso y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Así, de las muchas clasificaciones posibles que se hace a la chatarra optaremos por aquella que tienen en cuenta su característica esencial de ser o no magnética de tal manera que estaría formada por:

- Chatarras Férricas
- Chatarras no Férricas
- Chatarras Mixtas

Chatarras férricas

Bajo este nombre se agrupan las chatarras de fundición de hierro y acero al carbono de diferentes tipos, con un denominador común, su alto grado de limpieza.

Por limpieza se entiende la ausencia de otros elementos metálicos diferentes del acero (tales como cobre, aluminio, etc.). Los únicos trabajos que hay que llevar a cabo con estos materiales antes de su envío a los hornos de fusión son los de clasificación (según calidades y tipos) y de reducción de tamaño, bien sea por medios mecánicos (golpeo, cizallado), o por medios térmicos (oxicorte) para obtener un tamaño y una densidad acordes con las necesidades de transporte y alimentación a los hornos.

Aunque el origen de estos materiales es diverso, algunos ejemplos son:

- Elementos constructivos y estructurales (perfiles, chapas, depósitos, tuberías...)
- Maquinaria industrial (tornos, fresadoras,...)
- Sobrantes de procesos productivos (estampación mecanizado,...)

Chatarras no férricas

Este tipo de chatarra es denominado comúnmente en el sector como "Metales", e incluyen cualquier otro metal o aleación que no entre dentro de la categoría anterior, es decir, que no sean piezas de fundición o acero al carbono.

La variedad de materiales es muy amplia (aluminio, cobre, latón, bronce, acero inoxidable, aleaciones especiales, etc.), pero ,de nuevo, una de las características más destacadas es el alto grado de limpieza y separación de estas chatarras.

En la mayor parte de los casos los únicos trabajos que hay que llevar a cabo con estos materiales son de clasificación y prensado para formar paquetes de mayor densidad que faciliten su manejo y optimicen su alimentación a los hornos.

Ejemplos de estos materiales son:

- Sobrantes de procesos productivos (virutas de mecanizado, recortes de estampación, troquelado,...)
- Cables de cobre y aluminio.
- Devanados de motores y transformadores.
- Piezas específicas de maquinaria (cojinetes, válvulas,...)

Chatarras mixtas

Dentro de esta clasificación se encuentran englobadas una gran cantidad de chatarras cuya característica fundamental es que carecen de la limpieza y homogeneidad que atribuíamos a los grupos anteriores.

Ya no se trata de chatarras cuyo contenido en no metales sea despreciable o que se puedan limpiar mediante una fácil clasificación manual. Se trata de automóviles, aparatos eléctricos y electrónicos, chatarras urbanas e industriales, en las que los diferentes materiales se encuentran fuertemente unidos entre sí.

Los ejemplos más claros de este grupo son los vehículos fuera de uso y los aparatos eléctricos y electrónicos, que cuando llegan a las instalaciones de tratamiento son un conjunto de piezas de diferentes materiales íntimamente unidas, que incluyen acero, otros metales, plásticos de múltiples clases, etc.

Los RAEEs pueden venir incluidos en la categoría de Chapajo si no están clasificados, o en la categoría denominada Línea Blanca si están clasificados. En las plantas especializadas podrán venir según el tipo de RAEE de que se trate.

El procedimiento utilizado para la separación de los materiales incluidos en este tipo de chatarra es la fragmentación por medios mecánicos en trozos pequeños de forma que se desliguen los diferentes materiales entre sí, para proceder posteriormente a su separación por diversos métodos. Tan solo estos procesos en continuo y altamente automatizados posibilitan la separación rentable de los metales contenidos en estas chatarras.

OBJETIVOS DEL TRATAMIENTO DE CHATARRAS

Los objetivos básicos que se pretenden alcanzar en una planta recuperadora son dos:

- Separara y clasificar las chatarras
- Aumentar su densidad

El motivo de la clasificación de las chatarras es la necesidad del consumidor final, la fundición, de conocer en la medida de lo posible la composición del material que esta empleando y de esta forma saber en que procesos podrá emplear dicho material.

Las exigencias de calidad sobre los materiales que se producen en las fundiciones son cada vez mayores y esto se transmite a los otros eslabones de la cadena aguas arriba en el proceso.

En cuanto al aumento de densidad, su finalidad es optimizar los costes logísticos y posibilitar la entrada de material en los hornos de fusión y a su vez dotarla de la densidad óptima que permita un menor número de cargas por colada y una fácil operación de los hornos.

Ilustración 10. Ejemplos de procesos de reciclado



Paquetes envases



Empaquetado VFU



Descontaminación Frigoríficos

CAPÍTULO 3. LA GESTIÓN DE ENVASES Y EMBALAJES A TRAVÉS DE LOS ENVASES METÁLICOS.

"Puedes medir mil veces, pero cortar, solamente una"

Ignacio Martínez

INTRODUCCIÓN

El primer modelo que aplicó la Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP) en su concepción legal actual en España fue el de los envases y embalajes. De forma anticipada a la Ley, como luego veremos, se estableció un sistema que aspiraba a gestionar bajo una misma mano creada ex Novo todo el universo de los residuos de envases y embalajes. Para ello se creó un institución, Ecoembes, con una estructura legal ya de por sí original, pues fue la primera sociedad anónima sin ánimo de lucro creada en España. Al contar con una financiación importante proveniente de las cantidades que, a través del punto verde, pagaban los envasadores en función de los envases puestos en el mercado cada año⁵², Ecoembes creó con bastante rapidez toda una red de plantas de selección, redes de contenedores y sistemas de recogida.

Las empresas adheridas a Ecoembes han de presentar antes del 28 de febrero de cada año sus declaraciones anuales de envases del año anterior. Y en virtud de esas declaraciones cobra a sus adheridos una cantidad. De esta forma y dado que los envases vendidos en un ejercicio tienen un periodo antes de convertirse en residuos y además se van decalando de

⁵² Tengamos en cuenta que solo en 2014 esta cantidad ascendió a 411 millones de € según el propio Informe Anual de Ecoembalajes España 2014 (pág. 47).

forma continua a lo largo del ejercicio, Ecoembes cuenta con un pulmón financiero suficiente como para desarrollar toda su actividad. La gestión de los últimos 19 años ha permitido incluso que cuenten con un fondo de reserva de 252 millones de euros que van renovando anualmente.

Desde un primer momento el sistema se instauró copiando el modelo de Éco-Emballages en Francia. Sin duda ha supuesto una serie importante de éxitos pues se redujo el volumen de residuos plásticos que iban a los vertederos. Lo cierto es que, como trataremos de poner de manifiesto en este capítulo, aunque se ha transmitido a la sociedad como un éxito absoluto de gestión medioambiental lo cierto es que los resultados del modelo llegaron a su límite y a partir de cierto punto, en cierto modo se quedaron bloqueados.

El sistema no se basaba en leyes de mercado sino que se recogía y pagaban a las plantas de selección todos los materiales al mismo precio, subastando luego los lotes resultantes de esa selección en el mercado de materiales recuperados.

Cuando el sistema se instauró se hizo sin tener en cuenta el que antes de la fundación de Ecoembes ya existían redes de recogida y reciclaje de muchos envases que, si bien no hacían campañas de comunicación, funcionaban mediante reglas de mercado. Destacaban sobre todo aquellos envases que, por su material, tenían un mayor valor marginal. De esta forma desde hacía décadas el sector recuperador llevaba recogiendo envases de acero y aluminio y reciclándolo bajo unas normas de calidad cada vez más estrictas.

Así, cuando el sistema de recogida selectiva de envases a través del contenedor amarillo se instauró la recogida tradicional se siguió manteniendo. De esta forma y aunque sólo se tuvieran datos del sistema de recogida por parte de las plantas de selección que el Sistema Integrado había creado, el sistema tradicional ha seguido funcionando en paralelo.

Como veremos al final de este capítulo Ecoembes se encontró en torno al año 2000 que los valores de los envases de aluminio recogidos en sus plantas no eran los esperados y que, de hecho, dichos valores se mantenían estables mientras que los de recogida de otros materiales con menor valor crecían a medida que el sistema se iba implantado y ampliando.

Ante esta tesitura y a través de la Asociación para el Reciclaje de Productos de Aluminio (ARPAL), miembro del Consejo de Administración de Ecoembes y accionista dentro del 20% correspondiente a las materias primas. Pidió a la Federación Española de la Recuperación (FER) que llevase a cabo un estudio de campo que permitirá conocer las cantidades de envases de aluminio que se estaban recuperando y reciclando de manera paralela a través del sector tradicional. Yo tuve el honor de hacerme cargo de la dirección de dicho estudio que ha permitido por un lado completar de forma muy importante que más adelante veremos las cifras oficiales de recogida y reciclaje de envases de aluminio que España reporta a la Unión Europea y, por otro lado, como analizaremos, detectar alguna serie de carencias y puntos débiles en el sistema de aplicación de la responsabilidad ampliada del productor mediante la instauración de un sistema de recogida selectiva en masa para los residuos con un valor marginal más alto.

ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

Debido a que los residuos de envases representan un volumen considerable de la totalidad de residuos generados, la Unión Europea adopta la **Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los Envases y Residuos de Envases**, que se traspone a la Legislación Española a través de la **Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases**, en donde se obliga a los envasadores a establecer un sistema de "*Deposito, Devolución y Retorno*" o a adherirse a un Sistema Integrado de Gestión.

Además se establecen los primeros objetivos de reducción, reciclaje y valorización para cada material. Esta Directiva entró plenamente en vigor en España con la publicación del **Real Decreto 782/1998 de 30 de abril, aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997**.

Una década más tarde, aparece la **Directiva 2004/12/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 febrero de 2004, por la que se modifica la **Directiva 94/62/CE** relativa a los Envases y Residuos de Envases, donde se establecen nuevos y más exigentes objetivos, tendentes a reducir el impacto ambiental de los residuos de envases, e igualmente a hacer más coherente el mercado interior del reciclado de esos materiales. Esta Directiva se traspone temporalmente a la Legislación Española a través del **Real Decreto 252/2006** de 3 de marzo, revisa los objetivos de la **Ley 11/1997** y modifica el **Real Decreto 782/1998**. Este precepto autoriza al Gobierno a dictar las disposiciones necesarias para adoptarlos a las modificaciones que sean introducidas por la normativa comunitaria.

A continuación en siguiente tabla se muestran los objetivos de la reducción, el reciclaje y la valorización de cada Directiva relativa a Envases y Residuos de Envases. Podemos ver que a medida que los sistemas de RAP se iban aplicando en los países la Unión Europea se ha ido volviendo más exigente en los objetivos de valorización y reciclado que exige a cada país. Se permite una horquilla de variabilidad entre los materiales si bien se

establecen unos mínimos por debajo de los cuales no puede estar ninguno de los materiales.

Tabla 1. Objetivos de Reducción, Reciclado y Valorización

DIRECTIVAS DE ENVASES Y RESIDUOS DE ENVASES	
DIRECTIVA 94/62/CE: Antes del 30 de Junio del 2001	DIRECTIVA 2004/12/CE: Antes del 31 de Diciembre del 2008
VALORIZACION: Min 50% y Max 65% en Peso	VALORIZACION: Min 60% en Peso
RECICLADO: Min 25% y Max 45% en Peso	RECICLADO: Min 55% y Max 80% en Peso
PARA CADA MATERIAL: Todos: Min 15%	PARA CADA MATERIAL: Vidrio: 60% Papel/Cartón: 60% Plástico: 22,5% Metales: 50% Madera: 15%
REDUCCIÓN: Al menos un 10% en Peso	

A continuación en las siguientes tablas se muestran las Historias Cronológicas de las legislaciones relativas a los Residuos en general y a los Residuos de Envases más concretamente. En dicha tabla podremos observar tanto el decalaje de las Directivas como el retardo medio que en el caso español, y en el de otros países de la Unión, se da a la hora de transponerlas. Así, en muchas ocasiones hay un escaso lapso de tiempo entre la aprobación de la norma que traspone la directiva y la fecha en la que los objetivos de la Directiva deben alcanzarse. Esto, como luego veremos, provoca en ocasiones dificultades para alcanzar los objetivos planteados a tiempo ya que algunos saltos cuantitativos y cualitativos requieren de inversiones y del establecimiento de infraestructuras y sistemas de gestión que requieren de un tiempo dado.

Como se puede observar en el cronograma existe de forma crónica un retardo de entre 3 y 4 años entre la fecha de aprobación de la Directiva y la transposición de al ordenamiento español. Esto hace que entre la fecha de aprobación de la Directiva y las fechas establecidas por la misma para alcanzar los objetivos de recogida y reciclaje, fecha que el estado miembro no puede modificar, haya un breve lapso de tiempo.

Tabla 2. Evolución del marco legal de los Envases

Envases y Residuos de Envases		
Año	Europa	España
1994	Directiva 94/62/CE	
1995		
1996		Fundación ECOEMBES
1997		Ley 11/1997 de Envases y Residuos de Envases
1998		RD 782/1998 Desarrolla la Ley 11/1997
1999		
2000		
2001		Objetivos 30 de junio de 2001
2002		
2003		
2004	Directiva 2004/12/CE	
2005		
2006		RD 252/2006 Revisa los objetivos de la Ley 11/1997 y modifica el RD 782/1998
2007		2º Borrador de Nueva Ley de Envases
2008	Directiva 2008/98/CE	Objetivos 31 diciembre 2008
2009		
2010		
2011		Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados
2012		RD 17/2012 de Medidas urgentes en Medio Ambiente y Ley 11/2012 de medidas urgentes

Fuente: Elaboración propia

Así, en lo tocante a Envases y residuos de Envases, la Directiva Marco 2008/98/CE sobre residuos, establece una serie de objetivos y límites temporales de gran importancia:

- En 2015 deberá establecerse la recogida selectiva para, al menos, los residuos de papel, metálicos, plásticos y de vidrio.
- En 2020, la preparación para la reutilización y el reciclado de residuos de materiales tales como, al menos, papel, los metales, el plástico y el vidrio, deberá aumentarse como mínimo hasta un 50 % global de su peso.

Los últimos 20 años han supuesto un largo camino en la gestión de los envases usados de tal manera que se han ido sentando las bases y los principios en cada una de las normativas de manera que se pudieran alcanzar paulatinamente los objetivos planteados.

A partir de los principios establecidos por la normativa básica de residuos (como son la responsabilidad del productor en la gestión de los residuos puestos por él en el mercado o la jerarquización de las diferentes opciones de tratamiento de residuos) y debido a que los residuos de envases representan un volumen considerable de la totalidad de residuos generados, se aprobó la **Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases** que tiene como objetivo, por una parte, la armonización de las diversas medidas nacionales sobre gestión de envases y sus residuos, con el fin de evitar o reducir su impacto sobre el medio ambiente y, por otra, garantizar el funcionamiento del mercado interior y evitar obstáculos al comercio, distorsiones y restricciones de la competencia dentro de la Unión Europea.

Así, establece como primera prioridad la prevención en la producción de residuos de envases, encontrándose a continuación (por orden de preferencia) las medidas encaminadas a fomentar la reutilización, reciclado y valorización, con el objetivo de evitar o reducir la eliminación de estos residuos. En este sentido fija unos objetivos de reciclado y valorización a cumplir por los Estados Miembros (que como ya preveía esta Directiva se han modificado por unos más estrictos lo que se ha plasmado en la **Directiva 2004/12/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, publicada en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas el día 18 de febrero de 2004) y para favorecer la prevención, establece obligaciones en la fabricación y producción de los envases.

La modificación de los objetivos no ha sido la única modificación que supone la Directiva 2004/12/CE, cuya aprobación requirió de un largo y complejo proceso, en el que se sobrepasaron las estimaciones de tiempo que se preveían en la Directiva 94/62/CE ya que se hicieron complejos estudios acerca de los efectos de la normativa en la gestión de estos residuos y las acciones de los estados (en términos generales los estados habían cumplido los objetivos pero era necesario nuevas medidas para disminuir la carga ambiental de estos residuos).

Por otra parte, por razones de seguridad jurídica y armonización de la interpretación de la definición de "envase" en todos los Estados miembro, a principios del año 2013 se modificó el Anexo I de la Directiva 94/62/CE a través de la Directiva 2013/2/UE, revisando y modificando la lista de ejemplos ilustrativos para aclarar nuevos casos que den lugar a dudas acerca de qué debe entenderse por envase y qué se queda fuera de tal concepto.

La gestión de los envases se regula en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases (desarrollada posteriormente mediante Reglamento mediante el Real Decreto 782/1998 de 30 de abril) que incorpora la Directiva 94/62/CE a nuestro ordenamiento jurídico.

Su ámbito de aplicación abarca todos los envases y residuos de envases puestos en el mercado y generados en el territorio del Estado español, siendo por tanto, el marco normativo que regula el proceso de recuperación de envases de aluminio.

Esta ley de envases se ve modificada en el apartado 1 del artículo 2 por la disposición final quinta de la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre Evaluación de los Efectos de Determinados Planes y Programas en el Medio Ambiente, modificando la definición de concepto de envase y los requisitos exigibles a los mismos.

La ley impone a los productores de envases y de materias primas para su fabricación la obligación de hacerse cargo de los residuos de envases y envases usados, y establece unos objetivos de reducción, reciclado y valorización, que han sido modificados por el Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo que traspone parcialmente la Directiva 2004/12/CE, modificando los objetivos de reciclado y valorización contenidos en el artículo 5.a y 5.b de la Ley de Envases y Residuos de Envases:

*"a) Desde la entrada en vigor de este real decreto y sin perjuicio de lo establecido en los apartados b) y c), **se reciclará entre un mínimo del 25% y un máximo del 45% en peso de la totalidad***

de los materiales de envasado contenidos en los residuos de envases, con un mínimo del 15% en peso para cada material de envasado.

b) Antes del 31 de diciembre de 2008, y en años sucesivos, **se reciclará entre un mínimo del 55% y un máximo del 80% en peso** de los residuos de envases.

c) Antes del 31 de diciembre de 2008, y en años sucesivos, se alcanzarán los siguientes **objetivos mínimos de reciclado de los materiales** contenidos en los residuos de envases:

Tabla 3. Objetivos de la Directiva 2004/12/CE

% en peso	Papel y Cartón	Metales		Vidrio	Plásticos	Madera
		Acero	Aluminio			
Objetivos de la Directiva 2004/12/CE	60	50		60	22.5 ⁵³	15

Fuente: Elaboración propia a partir de la Directiva 2004/12/CE

d) Desde la entrada en vigor de este real decreto y sin perjuicio de lo establecido en el apartado e), se valorizará o incinerará en instalaciones de incineración de residuos con recuperación de energía entre un mínimo del 50 por ciento y un máximo del 65 por ciento en peso de los residuos de envases;

e) Antes del 31 de diciembre de 2008, y en años sucesivos, se valorizará o incinerará en instalaciones de incineración de residuos con recuperación de energía un mínimo del 60 por ciento en peso de los residuos de envases”.

En febrero de 2009 se publicó el **Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015**, que vino a reemplazar a los anteriores planes nacionales

⁵³ Hay que hacer la salvedad, de que el objetivo del plástico, se ha de alcanzar contando exclusivamente el material que se vuelve a transformar en plástico.

específicos e incluyó en un único documento los planes referentes a los residuos domésticos y similares, los residuos con legislación específica, los suelos contaminados, además de algunos residuos agrarios e industriales, que aunque no disponen de regulación específica, son relevantes por su cuantía y su incidencia sobre el entorno.

En el citado plan se recoge un apartado para los Residuos de Envases y Envases Usados, en el que se describe la situación actual y en el que se establecen una serie de medidas para apoyar el cumplimiento de la jerarquía de gestión de residuos. Los objetivos que se establecen son:

- **Reducción** de las toneladas de residuos de envases respecto del 2006 en un 4%, para el año 2012.
- **Reutilización** a través de los canales HORECA de los siguientes porcentajes de envases:

Tabla 4. Objetivos de recogida del Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-15

Producto	En canales HORECA %	Resto de canales de consumo %
Aguas envasadas	60	15
Leche	50	
Bebidas refrescantes	80	
Cerveza	80	
Vino	50	

Fuente: Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-15

Como hemos mencionado anteriormente la transposición de la **Directiva 2008/98/CE** se lleva a cabo mediante la **Ley 22/2011** de residuos y suelos contaminados. Pese a su juventud dicha Ley ya ha sido modificada en dos ocasiones. Así, en mayo de 2012 con el **Real Decreto-ley 17/2012** de medidas urgentes en materia de medio ambiente, y a continuación en diciembre de ese mismo año dentro de la **Ley 11/2012** de medidas urgentes en materia de medio ambiente.

Dentro de los artículos que afectan a los envases cabe destacar los siguientes puntos:

- En el artículo 21 sobre recogida, preparación para la utilización, reciclado y valorización de residuos se establece que "**Antes de 2015** deberá estar **establecida una recogida separada para, al menos, los materiales siguientes: papel, metales, plástico y vidrio.**

Los sistemas de recogida separada ya existentes se podrán adaptar a la recogida separada de los materiales a los que se refiere el párrafo anterior. Podrá recogerse más de un material en la misma fracción siempre que se garantice su adecuada separación posterior si ello no supone una pérdida de la calidad de los materiales obtenidos ni un incremento de coste.

Y dentro de los objetivos específicos de preparación para la reutilización, reciclado y valorización determinados en el artículo 22, se establece que: "a) **Antes de 2020**, la cantidad de residuos domésticos y comerciales destinados a la preparación para la reutilización y el reciclado para las fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, biorresiduos u otras fracciones reciclables deberá alcanzar, en conjunto, como mínimo el 50% en peso."

Se dedica el Título IV completo a la regulación de la **Responsabilidad ampliada del productor del producto**, es decir, *la persona física o jurídica, que de forma profesional desarrolle, fabrique, procese, trate, venda o importe productos*. De forma que quedan involucrados en la prevención y en la organización de la gestión de los mismos.

La Ley delimita el ámbito de esta responsabilidad, estableciendo las obligaciones a las que, mediante el correspondiente real decreto, pueden quedar sometidos los productores, tanto en la fase de diseño y producción de sus productos como durante la gestión de los residuos que deriven de su uso.

En cuanto a la forma de hacer frente a estas obligaciones, la Ley posibilita que se haga de manera individual o mediante sistemas colectivos, y determina las condiciones y exigencias a cada uno de los sistemas, etc.

Se insta a las administraciones públicas a adoptar las medidas necesarias para promover los sistemas más sostenibles de prevención, reducción y gestión de los residuos de bolsas comerciales de un solo uso de plástico no biodegradable (que son envases) y sus alternativas. Reglamentariamente se establecerá el calendario de sustitución de estas bolsas, así como las fórmulas previstas para el cumplimiento de dicho calendario.

La creación de un grupo de trabajo especializado, en el seno de la Comisión de Coordinación en materia de residuos, para analizar la introducción generalizada y gradual, en la cadena de distribución comercial, de envases y embalajes fabricados con materias primas sostenibles, renovables y biodegradables, considerando sus diferentes impactos medioambientales y económicos.

Deroga el capítulo VII sobre régimen sancionador y la disposición adicional quinta de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

Para comprender la forma en que se plantea la gestión de los envases es fundamental analizar la **Ley 22/2011**⁵⁴, **de Residuos y Suelos Contaminados**, en la que se establece lo siguiente:

TITULO I. DISPOSICIONES Y PR INCIPIOS GENERALES.

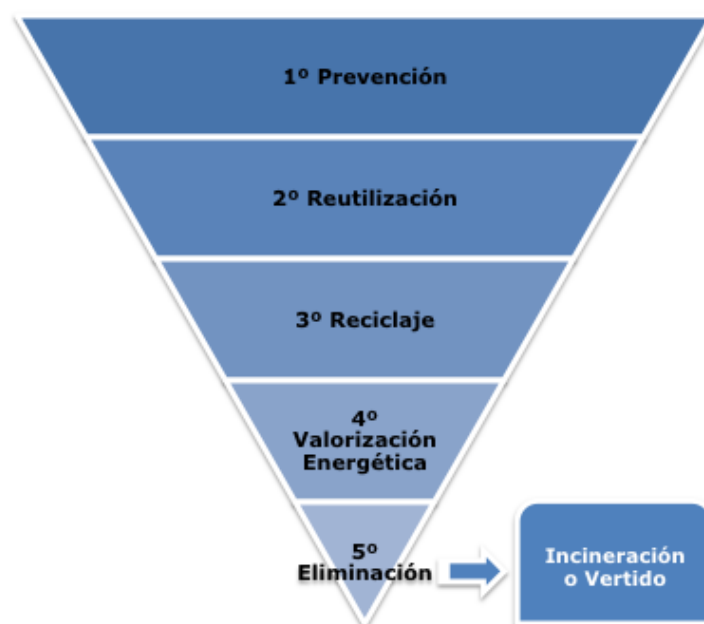
CAPITULO II. Principios de la Política de Residuos y Competencias Administrativas.

Artículo 8. Jerarquía de Residuos.

⁵⁴Boletín Oficial del Estado. Núm. 181. Viernes 29 de Julio del 2011. Sec. I. Pág. 85650.

Las administraciones competentes, en el desarrollo de las políticas y la legislación en materia de prevención y gestión de residuos, aplican para conseguir el mejor resultado ambiental global, la jerarquía de residuos por el siguiente orden de prioridad:

Ilustración 11. Jerarquía de Gestión de Residuos



Fuente: Elaboración Propia partiendo de Ley 22/2011

Artículo 11. Coste de la Gestión de los Residuos.

De acuerdo con el principio de Quien Contamina Paga, los costes relativos a la Gestión de Residuos tendrán que correr a cargo del productor inicial de residuos, del poseedor actual o del anterior poseedor de residuos de acuerdo con lo establecido en el "**Artículo 42 Alcance de la responsabilidad en materia de residuos.** Los residuos tendrán siempre un responsable del cumplimiento de las obligaciones que derivan de su producción y gestión, cualidad que corresponde al productor o a otro poseedor inicial o al gestor de residuos, en los términos previstos en esta Ley y en sus normas de desarrollo. Estos sujetos podrán ejercer acciones de repetición cuando los costes en que hubieran incurrido derivan de los incumplimientos legales o contractuales de otras personas físicas o

jurídicas”, y el “Artículo 45.2. Sujetos Responsables de las Infracciones. Cuando el cumplimiento de lo establecido en esta Ley corresponda a varias personas conjuntamente, responderán de forma solidaria de las sanciones pecuniarias, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 130.3 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común”.

En la citada norma también merecen mención los siguientes artículos que merecen una atención especial:

TITULO III. PRODUCCIÓN, POSESIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS.

CAPITULO II. De la Gestión de Residuos.

Sección 2ª. Objetivos y Medidas en la Gestión de los Residuos.

Artículo 21. Recogida, preparación para la reutilización, reciclado y valorización de residuos.

Las autoridades ambientales en su respectivo ámbito competencial y en atención a los principios de prevención y fomento de la reutilización y el reciclado de alta calidad, adoptarán las medidas necesarias para que se establezcan sistemas prioritarios para fomentar la reutilización de los productos y las actividades de preparación para la reutilización. Promoverán, entre otras medidas, el establecimiento de lugares de almacenamiento para los residuos susceptibles de reutilización y el apoyo al establecimiento de redes y centros de reutilización. Asimismo, se impulsarán medidas de promoción de los productos preparados para su reutilización a través de la contratación pública y de objetivos cuantitativos en los planes de gestión.

Para fomentar la prevención y promover la reutilización y el reciclado de alta calidad, se podrán adoptar medidas destinadas a facilitar el

establecimiento de sistemas de depósito, devolución y retorno en los términos previstos en artículo 31.3 para:

- *Envases industriales,*
- *Envases colectivos y de transporte,*
- *Envases y residuos de envases de vidrio, plástico y metal,*
- *Otros productos reutilizables.*

Artículo 22. Objetivos específicos de preparación para la reutilización, reciclado y valorización.

Con objeto de cumplir los objetivos de esta Ley y de avanzar hacia una sociedad del reciclado con un alto nivel de eficiencia de los recursos, el Gobierno y las autoridades competentes deberán adoptar las medidas necesarias a través de los planes y programas de gestión de residuos para garantizar que se logran los siguientes objetivos y, en su caso, los que se establezcan:

Antes de 2020, la cantidad de residuos domésticos y comerciales destinados a la preparación para la reutilización y el reciclado para las fracciones de papel, metales, vidrio, plástico, biorresiduos u otras fracciones reciclables deberá alcanzar, en conjunto, como mínimo el 50% en peso.

El artículo 31 de la Ley 22/2011 que establece el concepto y obligaciones de la Responsabilidad Ampliada del Productor en su último párrafo señala en lo que respecta a los Residuos de Envases que:

"En el caso específico de los envases y residuos de envases para la implantación de un sistema de depósito, devolución y retorno, así como para la determinación de su contenido y alcance, se valorará además con carácter previo el grado de cumplimiento de los objetivos mínimos de reutilización y reciclado establecidos por las directivas europeas para envases en general, y el cumplimiento de otras normas de la Unión Europea, así como las expectativas viables de superarlos, y se tendrán en cuenta con especial consideración las

circunstancias y posibilidades reales de las pequeñas y medianas empresas.”

Por otro lado con el fin de simplificar y reducir las cargas administrativas que ocasionaban ambigüedad, incertidumbre e inseguridad en la aplicación de la **Ley 22/2011**, y ante la presión de los envasadores y de Ecoembes que veían en el establecimiento de un sistema de depósito, devolución y retorno un riesgo para el sistema establecido, se redactó el **Real Decreto-ley 17/2012⁵⁵, de 4 de mayo, de medidas urgentes en materia de medio ambiente**, donde modificaron varios artículos de la norma establecidos de la siguiente manera:

Artículo 3. Modificación de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.—*La Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, queda modificada en los siguientes términos:*

Se modifica el Artículo 21 en los siguientes términos:

El apartado 1 del artículo 21 queda redactado como sigue:

«1. *Las autoridades ambientales en su respectivo ámbito competencial y en atención a los principios de prevención y fomento de la reutilización y el reciclado de alta calidad, adoptarán las medidas necesarias para que se establezcan sistemas prioritarios para fomentar la reutilización de los productos, las actividades de preparación para la reutilización y el reciclado. Promoverán, entre otras medidas, el establecimiento de lugares de almacenamiento para los residuos susceptibles de reutilización y el apoyo al establecimiento de redes y centros de reutilización. Asimismo, se impulsarán medidas de promoción de los productos preparados para*

⁵⁵Boletín Oficial del Estado. Núm. 108. Sábado 5 Mayo del 2012. Sec. I. Pág. 33889.

su reutilización y productos reciclados a través de la contratación pública y de objetivos cuantitativos en los planes de gestión.»

Se suprime el apartado 2.

Los apartados 3, 4, 5 y 6, pasan a ser los apartados 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

Se modifica la letra d) del apartado segundo del Artículo 31, que queda redactada en los siguientes términos:

Establecer sistemas de depósito que garanticen la devolución de las cantidades depositadas y el retorno del producto para su reutilización o del residuo para su tratamiento en los casos de residuos de difícil valorización o eliminación, de productos o residuos cuyas características determinen que estos sistemas sean la opción más adecuada para su correcta gestión o cuando no se cumplan los objetivos de gestión fijados en la normativa vigente.»

Se incluye un párrafo final al apartado tercero del Artículo 31:

«La implantación de sistemas de depósito, devolución y retorno de residuos se establecerá con carácter voluntario, con el límite de los supuestos contemplados en el artículo 31.2.d).»

De esta forma este párrafo de facto no prohíbe un sistema de depósito, devolución y retorno de residuos de envases pero si lo hace prácticamente imposible.

Otro punto importante a tener en cuenta es la Directiva 2004/12/CE, traspuesta temporalmente a la Legislación Española a través del **Real Decreto 252/2006⁵⁶ de 3 de Marzo, revisa los objetivos de la Ley**

⁵⁶Boletín Oficial del Estado. Núm. 54. Sábado 4 Marzo del 2006. Sec. I. Pág. 8961.

11/1997 y modifica el RD 782/1998”, en la que se establece lo siguiente:

Artículo 1. Modificación de los objetivos de reciclaje y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de Abril, de Envases y Residuos de Envases.

En virtud de la habilitación contenida en la disposición final segunda Ley 11/1997, de 24 de Abril, de Envases y Residuos de Envases, se modifican los objetivos de reciclado y valorización establecidos en los apartados a) y b) de su artículo 5 como sigue:

Antes del 31 de diciembre de 2008, y en años sucesivos, se reciclara entre un mínimo del 55% y un máximo del 80% en peso de los residuos de envases;

Antes del 31 de diciembre de 2008, y en años sucesivos, se alcanzaran los siguientes objetivos mínimos de reciclado de materiales contenidos en los residuos de envases:

- *el 60 por ciento en peso del vidrio,*
- *el 60 por ciento en peso del papel y cartón*
- *el 50 por ciento en peso de los metales,*
- *el 22,5 por ciento en peso de los plásticos, contando exclusivamente el material que se vuelva a transformar en plástico,*
- *el 15 por ciento en peso de la madera.*

SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS.

Para conseguir sus objetivos, la **Ley 11/1997** de envases regula dos procedimientos entre los que los envasadores pueden optar para cumplir con la obligación de recogida y valorización que tienen:

Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR)

En el que los distintos agentes que participen en la cadena de comercialización de un producto envasado (envasadores, importadores, mayoristas y minoristas) deben cobrar a sus clientes, hasta el consumidor final y en concepto de depósito, una cantidad individualizada por cada envase que sea objeto de transacción y devolver idéntica suma de dinero por la devolución del envase vacío.

En la **Ley 22/2011** y tras sus posteriores modificaciones, se determina que en aplicación de la responsabilidad ampliada y con la finalidad de promover la prevención y de mejorar la reutilización, el reciclado y la valorización de residuos, los productores de productos que con el uso se convierten en residuos podrán ser obligados entre otros a establecer sistemas de depósito que garanticen la devolución de las cantidades depositadas y el retorno del producto para su reutilización o del residuo para su tratamiento en los casos de residuos de difícil valorización o eliminación, de residuos cuyas características de peligrosidad determinen la necesidad del establecimiento de este sistema para garantizar su correcta gestión, o cuando no se cumplan los objetivos de gestión fijados en la normativa vigente.

Además se contempla en el artículo 31.3 que en el caso específico de los envases y residuos de envases para la implantación de un sistema de depósito, devolución y retorno, así como para la determinación de su contenido y alcance, se valorará además con carácter previo el grado de cumplimiento de los objetivos mínimos de reutilización y reciclado establecidos por las directivas europeas para envases en general, y el

cumplimiento de otras normas de la Unión Europea, así como las expectativas viables de superarlos, y se tendrán en cuenta con especial consideración las circunstancias y posibilidades reales de las pequeñas y medianas empresas.

La implantación de sistemas de depósito, devolución y retorno de residuos se establecerá con carácter voluntario, con el límite de los supuestos contemplados.

Y por último, en la Disposición final tercera se faculta al Gobierno de la Nación a establecer normas para los diferentes tipos de residuos, en las que se fijarán disposiciones particulares relativas a su producción y gestión. Asimismo, se podrán establecer reglas específicas para la implantación de sistemas de depósito para productos reutilizables y, en particular, para envases reutilizables de cervezas, bebidas refrescantes y aguas de bebida envasadas.

Mediante este sistema, los envasadores y los comerciantes de productos envasados, o cuando no sea posible identificar a los anteriores, los responsables de la primera puesta en el mercado de los productos envasados, estarán obligados a cobrar a sus clientes hasta el consumidor final, una cantidad individualizada por cada envase que sea objeto de transacción. Además, deberán aceptar la devolución o retorno de los residuos de envases y envases usados cuyo tipo, formato o marca comercialicen, devolviendo la misma cantidad que les haya correspondido cobrar por cada envase que sea objeto de transacción. Sin embargo, sólo estarán obligados a aceptar la devolución y retorno de los envases de aquellos productos puestos por ellos en el mercado.

El poseedor final de los residuos de envases y envases usados deberá entregarlos, en condiciones adecuadas de separación por materiales, a un agente económico para su reutilización, a un recuperador o reciclador autorizado.

En esta figura se muestran los pasos iniciales del sistema de depósito, devolución y retorno.

Ilustración 12. Sistema SDDR



Fuente: Elaboración propia

El envasador vende su producto al comerciante y cobra en concepto de depósito una cantidad adicional x por el envase; el comerciante a su vez vende el producto al consumidor añadiendo a su precio en concepto de depósito la cantidad adicional x . El producto queda en manos del consumidor a la espera de su uso.

Una vez que el contenido del envase ha sido consumido y el envase está vacío el consumidor puede optar por desecharlo en cuyo caso perdería la cantidad que ha entregado como depósito, o por el contrario puede optar por devolver al fabricante el envase usado de manera que recuperaría por parte del comerciante la cantidad que le entregó en forma de depósito. Del mismo modo el comerciante que ha ido recogiendo los envases usados que sus clientes le han ido entregado hace entrega al envasador de dichos envases usados. El envasador devuelve al comerciante las cantidades entregadas como depósito. Obviamente en el raro caso en el que el comerciante decidiera no entregar los envases al envasador estaría perdiendo la cantidad entregada en forma de depósito de todos ellos. Este sistema asegura que hay un incentivo económico por parte de todos los integrantes de la cadena para hacer que los envases sean retornados a su origen.

En la siguiente figura se muestran los posibles recorridos que marca el sistema de depósito, devolución y retorno para el envase usado.

Ilustración 13. Ciclo completo del SDDR



Fuente: Elaboración Propia

Como podemos ver en este gráfico, una vez que el envase ha sido utilizado, el consumidor retorna el envase usado, recibiendo la cantidad adicional que pagó por el.

El comerciante está obligado a aceptar la devolución y retorno de los residuos de envases y envases usados de los productos que hubiese distribuido, devolviendo la cantidad adicional. Sin embargo, al igual que el envasador, puede supeditar la devolución al cumplimiento de determinadas condiciones de conservación y limpieza de los mismos.

El envasador debe aceptar la devolución o retorno de los residuos de envases y envases usados de los productos puestos por él en el mercado, devolviendo la misma cantidad adicional que percibió. Posteriormente, debe entregarlos en condiciones adecuadas de separación por materiales, a un agente económico para su reutilización: a un recuperador o reciclador autorizado. Estos, proveerán al fabricante de la materia prima de envases, del material obtenido (envases usados) para reiniciar el ciclo.

En algunos casos las características técnicas con las que han sido fabricados los envases permiten su reutilización. Y es lo que hemos representado con la flecha verde en forma de envases usados que una vez limpios, revisados y vueltos a llenar por parte del envasador han vuelto al circuito sin necesidad de que hayan tenido que pasar por el circuito de reciclaje y por la fabricación de nuevo.

La **Orden de 27 de abril de 1998** del Ministerio de Medio Ambiente establece el símbolo identificativo de los envases que se pongan en el mercado a través del sistema de depósito, devolución y retorno.

Ilustración 14. Símbolo SDDR



Esta Orden también establece las cantidades que deben cobrarse en concepto de depósito de los envases que se acogen a este sistema. Dichas cantidades han sido fijadas de tal forma que, sin provocar un efecto de sustitución entre los distintos materiales de envasado, al mismo tiempo incentiven de forma suficiente el retorno de los residuos de envases usados y envases usados, estableciendo unas proporciones entre las cantidades que incentiven la adquisición de envases de mayor tamaño, en aras a la consecución efectiva del objetivo de reducción de la Ley de Envases.

Para el caso de los envases de aluminio, que son en los que se desarrolló el estudio, las cantidades a cobrar en concepto de depósito se establecen en función del volumen, cuando se trate de cuerpos huecos o rígidos, como botellas, botes, bidones o tarros. En los demás casos, como bolsas, cajas, bandejas o láminas, se debe utilizar el criterio del peso.

Tabla 5. Depósito a cobrar en SDDR

TAMAÑO (PESO O VOLUMEN) DEL ENVASE	EUROS
≤ 50 cl	0,15
50 cl < x ≤ 200 cl	0,24
> 200 cl	0,33
≤ 100 gr.	0,06
100 gr. < x ≤ 500 gr.	0,15
> 500 gr.	0,30

Fuente: Orden de 27 de abril de 1998 del Ministerio de Medio Ambiente

Sistemas Colectivos de residuos de envases y envases usados.

Mediante el cual los agentes citados podrán eximirse de las obligaciones derivadas del procedimiento general, siempre que se garantice la recogida periódica de los envases y el cumplimiento de los objetivos de reciclado y valorización fijados. Estos sistemas se realizarán mediante acuerdos voluntarios entre dichos agentes.

Los envasadores y los comerciantes de productos envasados están exentos de las obligaciones del sistema de depósito, devolución y retorno, cuando participen en un sistema colectivo de gestión de los residuos de envases y envases usados de los productos que comercialicen.

La **Ley 22/2011** marca que los Sistemas Colectivos tienen que constituirse mediante asociación u otra entidad con personalidad jurídica propia sin ánimo de lucro, debiendo ser autorizados por el órgano competente de cada Comunidad Autónoma donde el sistema tenga previsto establecer su sede social y tendrá validez en todo el territorio nacional. No obstante, como se ha mencionado anteriormente, se les da un plazo a los Sistemas Integrados de Gestión ya existentes de un año desde que se adapten las normas específicas que regulan específicamente cada flujo de Residuos.

En 1996 se creó en España el Sistema Integrado de Gestión de residuos de envases y envases usados, cuyos gestor es Ecoembalajes España, S.A., (ECOEMBES), primera sociedad anónima sin ánimo de lucro, que ha asumido la gestión de los envases y residuos de envases de diversos

materiales, entre los que se incluyen los envases de aluminio, objeto de este Estudio.

El símbolo representativo de dicho Sistema Colectivo es el conocido Punto Verde, a través del cual se acredita que dicho producto cumple con las obligaciones establecidas en la **Ley 11/1997**.

Ilustración 15. Punto Verde



Los sistemas de gestión de residuos de envases y envases usados, se financiarán mediante la aportación por los envasadores de una cantidad por cada producto envasado puesto por primera vez en el mercado nacional. Esta cantidad se acordará en función de los diferentes tipos de envases, por la entidad a la que se le asigne la gestión del sistema con los agentes económicos participantes en el mismo, debiendo ser idéntica en todo el ámbito territorial del sistema de que se trate:

Tabla 6. Importe a cobrar al productor por punto verde según envase

Material	Aluminio	Acero	Cartón para bebidas	Cerámica	Madera y Corcho	Plásticos	Papel/ Cartón	Otros	
2012- 2013 (€/Kg)	0,102	0,085	0,323	0,02	0,021	0,377	0,472	0,068	0,472
2013- 2014 (€/Kg)	0,102	0,085	0,323	0,02	0,021	0,377	0,472	0,068	0,472

Fuente: ECOEMBES

De este modo, las Entidades locales se comprometerán a realizar la recogida selectiva periódica de los residuos de envases en el domicilio del consumidor o en sus proximidades, y a su transporte hasta los centros de separación y clasificación o, en su caso, directamente a los de reciclado o valorización.

A su vez, el sistema colectivo se hará cargo de todos los envases usados, separados por materiales, y los entregará para su adecuada gestión medioambiental. En cualquier caso, se debe garantizar, en su ámbito de aplicación, el cumplimiento de los objetivos de reciclado y valorización establecidos.

Con la cantidad recaudada se debe compensar a las Entidades locales y Comunidades Autónomas por su participación en la recogida selectiva y transporte de dichos residuos, por los costes adicionales que suponga este sistema, respecto del sistema ordinario de recogida, transporte y tratamiento de los desechos sólidos urbanos en vertedero controlado,

Por último señalar que el sistema colectivo debe facilitar que los Entes Locales, o en su caso las Comunidades Autónomas, puedan efectuar la recogida selectiva de aquellos residuos de envases secundarios o terciarios que, a pesar de haber sido puestos en el mercado siendo susceptibles de ser adquiridos para su consumo por particulares, queden finalmente en posesión de los comerciantes o distribuidores de productos envasados o de los titulares de otras empresas de servicios.

A continuación, se muestran en la siguiente figura los pasos iniciales del Sistema Colectivo.

Ilustración 16. Pasos iniciales del funcionamiento del Sistema Colectivo



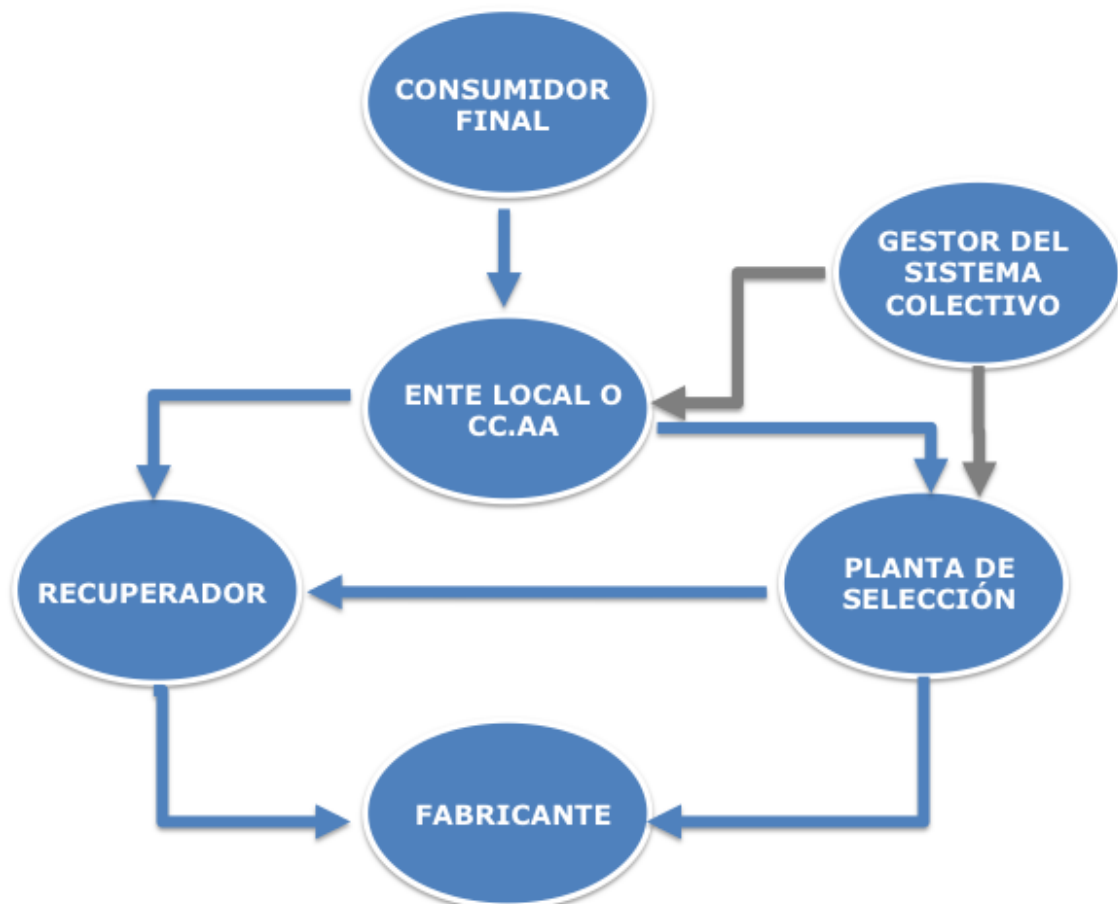
Fuente: Elaboración propia

El envasador vende su producto al comerciante sin ningún coste adicional por razón de la gestión posterior del envase y pagará al sistema colectivo, en el caso de España Ecoembes, una cantidad por cada producto envasado puesto por primera vez en el mercado nacional. A principios de cada año y en virtud del valor que se haya establecido al Punto Verde, deberá pagar al sistema colectivo el importe relativo a los envases puestos en el mercado en el ejercicio anterior.

El comerciante vende el producto al consumidor sin tener que pagar ni cobrar ninguna cantidad adicional por el envase al contrario de lo que ocurría en el sistema de depósito, devolución y retorno (SDDR).

A su vez, al consumidor tras hacer uso del producto adquirido, le queda en su poder el envase usado, cuyos posibles recorridos hasta su completo reciclaje se describen a continuación.

Ilustración 17. Ciclo completo de funcionamiento del sistema colectivo



Fuente: elaboración propia

El consumidor entregará el envase usado o el residuo de envase, sirviéndose para ello de los contenedores amarillos o, a falta de los mismos, en los contenedores habituales. En algunas localidades se está utilizando también un sistema de recogida puerta a puerta en cuyo caso el ciudadano debe colocar en una bolsa separada los envases que hayan de ser recogidos.

Ilustración 18. Modelos de contenedores para recogida de envases.



Contenedor amarillo



Recogida de fracción envases en modelo puerta a puerta

Las Entidades locales, o en su caso las Comunidades Autónomas, directamente o a través de subcontratas, se encargarán de la recogida selectiva de los residuos de envases y envases usados adheridos al Sistema Colectivo y de su transporte hasta las plantas de selección o, en su caso, directamente a las de reciclado o valorización, donde el gestor del sistema se hará cargo de ellos.

Ilustración 19. Vistas de planta de selección de envases



Vistas planta de selección de envases. Fuente Tirme.

Posteriormente se entregarán los residuos de envases y envases usados en condiciones adecuadas de separación por materiales, a un agente económico para su reutilización, a un recuperador, a un reciclador o a un valorizador autorizado. Estos proveerán al fabricante de la materia prima de envases, del material obtenido (envases usados) para reiniciar el ciclo.

Ilustración 20. Envases clasificados en planta de selección (Valdemingómez)



Envases plásticos



Cartón



Envases metálicos

DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, España cuenta con un Sistema Integrado de Gestión (SIG) para la gestión de los residuos de envases, que es ECOEMBES. Se encarga de recoger los envases evitando así, que las empresas adscritas a dicho SIG deban hacerlo por sí mismas. Ecoembes tiene autorizado su Sistema de Gestión en todas las Comunidades Autónomas.

Ilustración 21. Logotipo de Ecoembalajes España, S.A.



Ecoembalajes España, S.A. (Ecoembes)⁵⁷, primera sociedad anónima sin ánimo de lucro, nace en 1996, adelantándose a la Ley 11/97 de Envases y Residuos de Envases que establece unas obligaciones que pretenden la recuperación de los residuos de los envases, su posterior tratamiento y valorización.

Su misión es el diseño y desarrollo del sistema, encaminado a la recogida selectiva, recuperación y reciclaje de los envases de plástico, las latas y los briks (contenedor amarillo) y los envases de cartón y papel (contenedor azul) en toda España, a fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos de reducción, reciclaje y valoración definidos en la Ley 11/97, de 24 de abril, de envases y residuos de envases.

Los envases de las empresas adheridas a Ecoembes están identificados por el símbolo "**Punto Verde**" como garantía de que cumplen la Normativa Europea. Ecoembes forma parte de **PRO EUROPE "Packaging Recovery Organization Europe"**, la organización que agrupa a los organismos

⁵⁷ Informe Anual y Cuentas Anuales 2010 y 2011. Ecoembalajes España, S.A.

responsables de la gestión de los residuos de envases y que utilizan el Punto Verde en Europa.

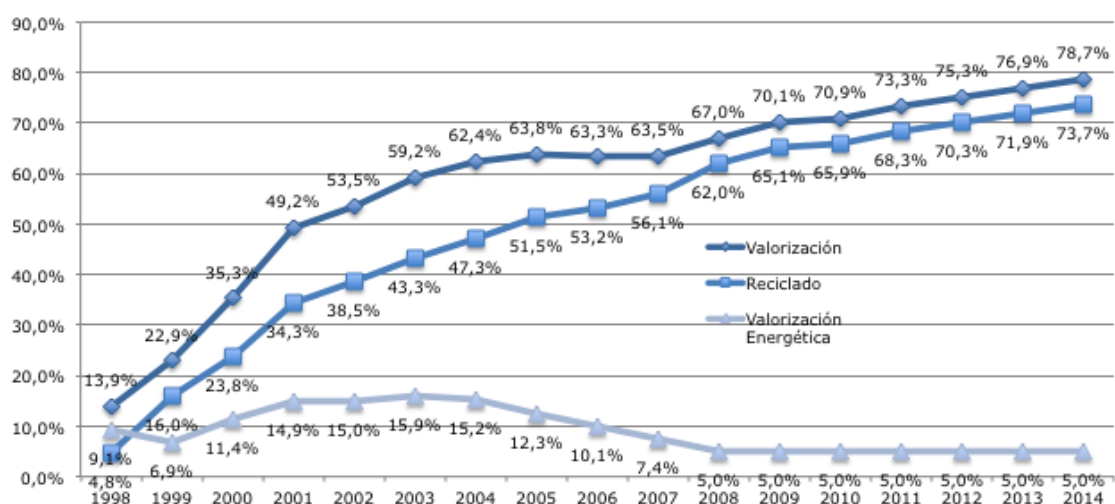
La recogida de los residuos de envases domésticos que se generan cada día, se hace posible gracias a que las Entidades Locales distribuyen contenedores amarillos y azules de recogida selectiva de forma que los ciudadanos pueden depositar en cada uno de ellos, el envase que corresponda. Una vez se depositan los envases en el contenedor adecuado, las propias Entidades Locales a través de los servicios de recogida de residuos, recogen y trasladan los residuos de envases a las plantas de selección. Una vez clasificados se venden a los recicladores que se encargan de transformarlos los materiales de los envases en nueva materia prima, cerrando con ello el ciclo del envase.

La Ley 11/1997 de Envases y Residuos de Envases que traspone la Directiva de Envases estableció unos objetivos de reciclaje y valorización a cumplir por el Estado Español. Dado que en un principio la red de gestión de los envases era muy pequeña y llegaba a poca fracción de la población, la cantidad de materiales recogidos y valorizados era también pequeña en proporción con las cantidades de envases que se habían comercializado el año anterior. A medida que la red de municipios con recogida selectiva de envases a través del contenedor amarillo se fue implantando los porcentajes han ido aumentando. Hasta llegar al día de hoy en el que, según Ecoembes⁵⁸, el 99% de la población española cuenta con un servicio de recogida selectiva de envases a su disposición. De tal forma que se abre a partir de este momento una nueva fase en la que la mejora de los datos no podrá ser por extensión del acceso a la recogida selectiva.

A continuación vamos a resumir los objetivos y los resultados obtenidos en su cumplimiento.

⁵⁸ Informe Anual Integrado 2014. Ecoembalajes España, S.A. Pagina 12

Ilustración 22. Evolución comparada de los % de valorización, reciclado y valorización energética de envases en España



Fuente: Ecoembes. Informe Anual Integrado 2014

En el año 2004 se publicó la nueva Directiva 2004/12/CE en la que se establecían unos objetivos a alcanzar como muy tarde el 31 de diciembre de 2008. Estos nuevos objetivos no se traspusieron al ordenamiento español hasta 2006, pero como se observa en los resultados pese a no ser necesario aún su cumplimiento, ya en ese año 2006 se superó el objetivo global de valorización (que recordemos era del 60% para 2008), y en los objetivos de reciclado por materiales se está cerca de alcanzar el objetivo de reciclado (que era del 55%), ya que el incremento en el reciclado de algunos materiales fue notable.

La inversión llevada a cabo por parte de Ecoembes en la creación de la red de recogida y tratamiento ha sido muy importante cada año y constante a lo largo del tiempo. Se ha invertido una muy importante suma en dotar a los municipios de contenedores y camiones especiales y también se han ido construyendo plantas de selección a lo largo y ancho de toda la geografía nacional.

En la siguiente tabla podemos observar en cifras del año 2012 la magnitud de la red existente para la separación y gestión de envases (y otros residuos que les acompañan) así como el tonelaje que anualmente incorporan.

Tabla 7. Cantidad de residuos urbanos tratados según tipo de instalación en el año 2012

Instalaciones de Tratamiento y eliminación	Nº centros	Entrada (t/año)
Instalaciones de clasificación de envases	94	641.266
Instalaciones de triaje y compostaje	5	971.743
Instalaciones de compostaje de F. orgánica recogida selectivamente	44	660.273
Instalaciones de triaje y compostaje	63	7.245.480
Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje	23	3.056.503
Instalaciones de incineración *	10	2.087.878
Vertederos *	134	13.459.129

Nota: Las cantidades que entran en las instalaciones de incineración y vertido llevan incorporada las cantidades provenientes del rechazo de las plantas de tratamiento

Sin duda el esfuerzo ha sido importante pero el modelo está denotando llegar a ciertos límites en su capacidad de gestión.

Así, en 2005 había, según datos de Ecoembes, 268.696 contenedores de envases ligeros (contenedor amarillo) instalados en España. Con ellos se lograba una tasa de valorización del 63,8%. En 2014 el número de contenedores había aumentado a 357.486 y la tasa de valorización aumentó hasta los 78,7%. Así pues, mientras que el número de contenedores ha aumentado en 33% en esos nueve años, el porcentaje de material valorizado lo ha hecho en un 23,3% lo que demostraría, en cierto sentido un agotamiento de la herramienta contenedor amarillo pues cada aumento de un punto en el número de contenedores (y por tanto en los costes de recogida e instalación de los mismos) sólo se ha logrado un aumento de 0,7 puntos en la valorización de los envases.

CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ENVASES DE ALUMINIO.

Requisitos de los envases.

La legislación específica dirigida a regular la gestión de los envases y residuos de envases, así como su reciclado y reutilización con la finalidad de garantizar su correcta gestión a lo largo de todo su ciclo de vida, también incluye un apartado relativo al fomento de la Prevención de la generación de residuos.

Esto incide en el diseño y proceso de fabricación de los envases porque para conseguir los objetivos de reducción marcados en la normativa (según el Real Decreto 252/2006, que revisa los estipulados en la Ley 11/1997), se tiene que diseñar y fabricar con la finalidad de minimizar y prevenir en origen la producción de residuos, lo que supone la aparición de requisitos de los envases que se van a fabricar.

La Ley 11/1997 de envases y residuos de envases, ya incluye en su articulado que tiene por objeto reducir y prevenir el impacto a lo largo del ciclo de vida de los mismos, por lo que establece en su artículo 13 una serie de límites máximos respecto a los contenidos de plomo, cadmio, mercurio y cromo hexavalente en los envases o en sus componentes.

Sin olvidar que se exige que los residuos de envases y envases usados devueltos o recogidos deben ser almacenados, dispuestos y manipulados, de manera que quede garantizada la protección ambiental, la salud e higiene pública y la seguridad de los consumidores.

Por su parte el Reglamento de 30 de abril de 1998, de desarrollo de la Ley establece en el Anexo II los diferentes requisitos específicos sobre fabricación y composición de los envases:

- Los envases estarán fabricados de forma tal que su volumen y peso sea el mínimo adecuado para mantener el nivel de seguridad, higiene y aceptación necesario para el producto envasado y el consumidor.
- Los envases deberán diseñarse, fabricarse y comercializarse en condiciones que permitan su reutilización o valorización, (incluido el reciclado). Sus repercusiones en el medio ambiente se deben reducir al mínimo cuando se eliminen los residuos de envases o los restos de las actividades de gestión de residuos de envases.
- Los envases estarán fabricados de tal forma las sustancias nocivas y peligrosas se reduzcan al mínimo en las emisiones, cenizas y aguas de lixiviados generadas por la incineración o el depósito en vertederos que queden después de operaciones de gestión de residuos de dichos envases.

A su vez los envases reutilizables deberán cumplir los requisitos siguientes:

- Deben tener unas propiedades y características físicas que permitan efectuar varios circuitos o rotaciones en condiciones normales de uso.
- Los envases usados deberán ser susceptibles de tratamientos que permitan el cumplimiento de los requisitos de salud y seguridad de los trabajadores y consumidores.
- Deberán fabricarse de forma tal que puedan cumplir los requisitos específicos para los envases valorizables cuando no vuelvan a reutilizarse y pasen a ser residuos.

Con el fin de facilitar la recogida, reutilización y valorización y así, poder identificar y clasificar los envases, se indicará la naturaleza de los materiales utilizados, a fin de que la industria de que se trate pueda identificarlos y clasificarlos.

Los envases deberán ostentar el marcado correspondiente, bien sobre el propio envase o bien en la etiqueta. Dicho marcado deberá ser claramente visible y fácilmente legible y deberá tener una persistencia y durabilidad adecuadas, incluso una vez abierto el envase.

En el caso de los envases de aluminio, la abreviatura que debe aparecer en los envases es ALU con la numeración 41. La Directiva de Envases establece que esta identificación será obligatoria a partir de su transposición a la legislación nacional.

Aparte de lo anterior, se establece respecto de los envases valorizables, que aquellos envases que sean valorizables mediante reciclado de materiales, se fabricarán de tal forma que pueda reciclarse un determinado porcentaje en peso de los materiales utilizados en su fabricación.

Respecto de los envases valorizables mediante recuperación de energía, se dispone que se fabriquen de tal forma que, una vez convertidos en residuo, tengan un valor calorífico inferior mínimo, para permitir optimizar la recuperación de energía.

El aluminio en los envases.

En relación con los envases de aluminio, comenzaremos describiendo las propiedades físicas y químicas del aluminio, que le hacen el metal ideal para la elaboración y conformación de envases para bebidas y alimentación.

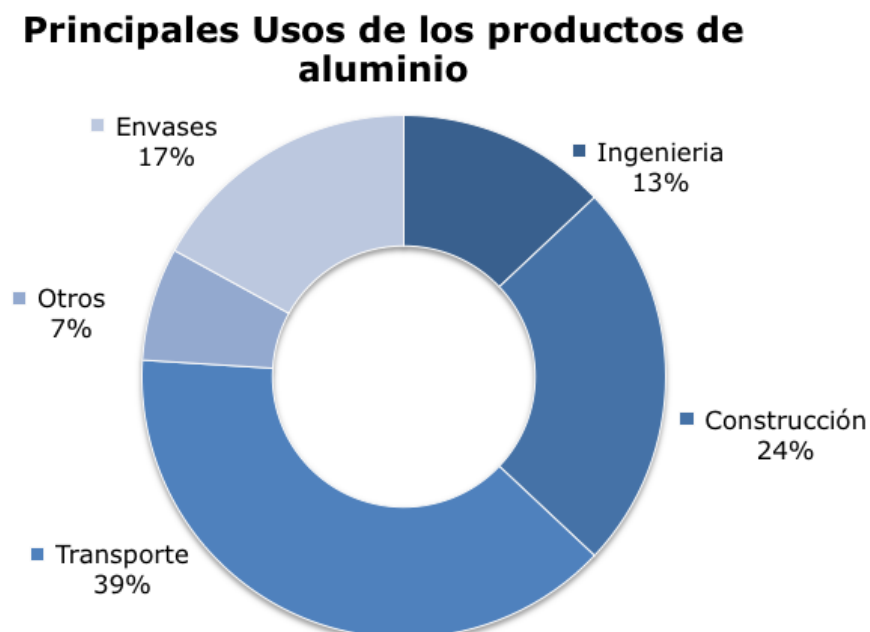
El Aluminio es un material de baja densidad (2.700 Kg/m^3), buen conductor de la electricidad y el calor, resistente a la corrosión (por lo que nunca se oxida), abundante en la naturaleza y es uno de los materiales con más rendimiento en aplicaciones finales. También es el metal no férreo más utilizado y fácil de reciclar.

En relación a sus características mecánicas cabe destacar su fácil mecanizado (ahorro de energía en los procesos de conformación y fabricación); muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas; bastante dúctil pudiéndose conformar mediante trefilado y extrusión (como es buen conductor de la electricidad es idóneo para fabricar cables eléctricos).

Gracias a sus características físicas, químicas y mecánicas permite su aplicación a diversos sectores de producción de bienes y equipos como son aeronáutica, transporte, construcción (perfilería de aluminio, muros cortina...) y, por supuesto, en la producción de envases como latas de bebida (fácil embutición del material sin acritud), bandejas, aerosoles, latas de conserva, envases complejos, etc.

En Europa los sectores donde se utiliza el aluminio se distribuyeron en el año 2013 de la siguiente manera:

Ilustración 23. Usos del aluminio



Fuente: European Aluminium Association.

Los principales mercados para el uso de productos de aluminio en Europa son el transporte y la construcción. El resto de usos se distribuyen en aplicaciones como la ingeniería eléctrica y mecánica, equipamiento de oficina, electrodomésticos, iluminación o productos químicos y farmacéuticos.

La vida útil de los productos de aluminio puede abarcar desde unos meses para envases como las latas de bebida que se suelen consumir en poco

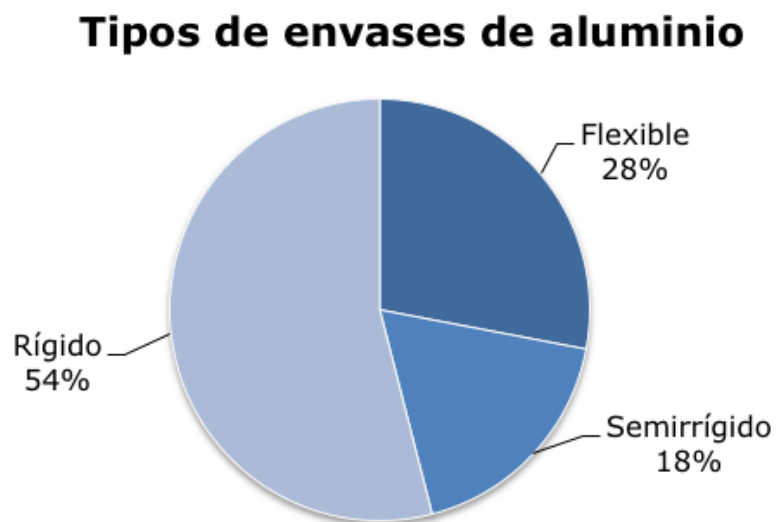
tiempo, hasta décadas, como es el caso de estructuras fijas, como por ejemplo marcos de ventanas o fachadas de edificios.

La utilización del aluminio en la fabricación de envases está muy extendida porque protege totalmente los alimentos sin dejar que traspasen la luz, olores, líquidos o gases, siendo inerte a la interacción del material con el contenido. Al ser un excelente conductor del calor, es muy adecuado para ser utilizado en latas de bebidas y envases de alimentos, ya que permite enfriar rápidamente su contenido.

En la siguiente gráfica se muestra la distribución del tipo de envases de aluminio, donde por ejemplo cada tipo de envase incluye los siguientes envases:

- Rígido: latas de bebida, de conserva o aerosoles.
- Semirrígido: bandejas de comida, envases para alimentos o tapones.
- Flexible: papel de aluminio.

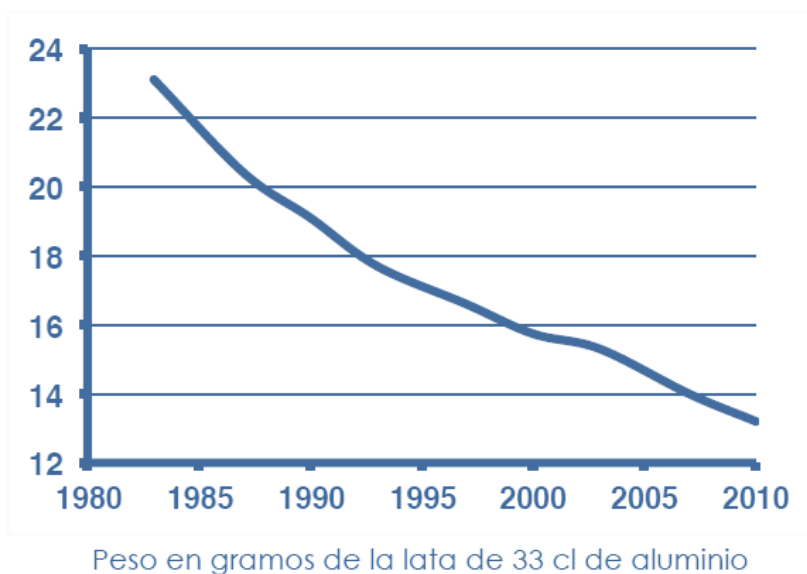
Ilustración 24. Tipos de envases de aluminio



En aplicación del principio de prevención se emplea muy poca cantidad de material en los envases, por lo que son muy ligeros. Así, un bote de bebida de aluminio de 33 cl pesa aproximadamente sólo 13,6 gramos mientras que

uno de hojalata pesa el doble. Esta ligereza no impide que sea un material resistente que se puede deformar sin romperse, una muestra de lo cual la tenemos en que las paredes de un bote de bebida, pese a ser más delgadas que dos hojas de una revista, pueden resistir tres veces la presión de un neumático de coche (la resistencia mecánica del bote aumenta por la presión interna del gas en caso de las bebidas carbonatadas).

Ilustración 25. Evolución del peso de una lata de aluminio



Fuente: BCME

Además, al tener el aluminio un color tan brillante, resulta atractivo a la hora de decorar el envase, por ello algunas marcas de bebidas no pintan todo el bote, sino que dejan partes en las que se ve el aluminio como si fuera otro color formando parte de la decoración, reduciendo por tanto el gasto en lacas, etc. Junto a ello, en la decoración del envase por impresión en varios colores, se obtiene una calidad superior a la obtenida sobre otros metales, siendo además un material que es fácil de imprimir.

El aluminio como material para los envases de alimentos tiene además una ventaja muy importante y es que, a diferencia del acero, su gran competidor, no sufre oxidación. Esto hace que se esté optando, sobre todo en envases de cara al público como las latas de bebidas, por envases de este material. En una de las conversaciones mantenidas con José Miguel Benavente Rodríguez, Presidente de la Asociación para el Reciclado de los

Productos de Aluminio (ARPAL) y Consejero de Ecoembalajes España, me informó de que en 2015 el aluminio de envases se incrementaría de forma considerable pues Rexam, la principal empresa fabricante de botes de bebida en España había cerrado sus líneas de fabricación de envases de acero e iba a producir toda su producción en aluminio. Este dato es fundamental pues el cambio de tendencia por parte de esta empresa sin duda hará que sus dos principales competidoras, Ball y Crown Cork Ibérica opten por el mismo tipo de envase.

Ventajas del aluminio reciclado

El aluminio es un residuo de fácil manejo, ligero, que no se rompe, no arde y no se oxida (gracias a la película que se forma en su exterior). También cabe destacar por ejemplo que el aluminio se puede compactar fácilmente, ocupando así, muy poco volumen y ahorrando costes de transporte.

A la hora del reciclado, el aluminio tiene importantes ventajas dado que el 100% del aluminio puede ser reciclado indefinidamente sin disminuir su calidad, ya que no se descompone en presencia de agua ni se altera por el contacto con el aire. Es por ello que se fabrican todo tipo de productos como coches, carpintería de aluminio, etc.

En la actualidad, alrededor de 700 millones de toneladas de aluminio están todavía en uso, que equivalen a más del 70% de todo el aluminio fabricado desde 1888. Esto es posible gracias al largo ciclo de vida del aluminio (de 10 a 20 años de durabilidad en el aluminio utilizado en los medios de transporte, y de 50 a 80 años en los materiales de construcción). Como se puede reciclar indefinidamente, el aluminio tiene tasas de reciclado muy altas, ya que por ejemplo se recicla más del 90% en el aluminio utilizado en medios de transporte y materiales de construcción, más del 55% en envases, y algunos países alcanzan hasta el 90% de tasa de reciclaje para las latas de bebida.

El mercado para este tipo de productos se distribuyó en 2008 tal y como se muestra en la siguiente gráfica:

Ilustración 26. Usos del Aluminio reciclado



Fuente: European Aluminium Association

Las ventajas del reciclado de aluminio se demuestran en los datos ofrecidos por la European Aluminium Association, según los cuales en Europa el aluminio disfruta de unas altas tasas de reciclado, cercanas en algunos casos al 85 e incluso al 95%, según sus aplicaciones.

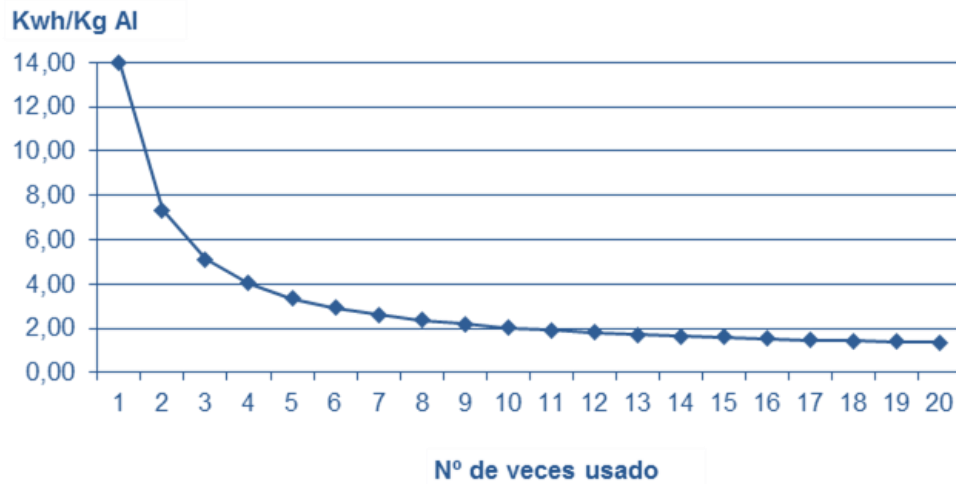
Un ejemplo clásico lo conforman las latas de bebida, que como hemos dicho se pueden reciclar indefinidamente ya que al obtenerse un producto con las mismas propiedades se pueden fabricar totalmente de aluminio reciclado. En Europa aproximadamente el 50% del aluminio utilizados para la producción de latas de bebida y otros envases, proviene del reciclaje de aluminio.

De entre las numerosas ventajas del reciclado del aluminio se pueden destacar:

- **Ahorro energético:** con el reciclado del aluminio se ahorra el 95% de la energía que necesitaríamos para producir el mismo aluminio a

partir de la bauxita. Reduciéndose además el consumo de esta materia prima. Así, en los años cincuenta, se empleaba 21kw/h para fabricar un kilo de aluminio de la alúmina, mientras que en 1997 esta cifra se redujo un 30 % hasta alcanzar los 14 kw/h.

Ilustración 27. Consumo energético en función del nº de veces que se recicle



Fuente: European Aluminium Association

- **Disminución del uso de los recursos naturales:** No sólo la cantidad de energía se ha reducido progresivamente, también gracias a la investigación y al continuo desarrollo de procesos, la materia prima requerida para la producción. Las latas de aluminio de ahora requieren cerca del 40 % menos de metal que las latas hechas hace 25 años.
- **Se evita la colmatación de vertederos,** ya que todos los residuos de aluminio recuperados se reciclan en su totalidad. De esta forma, por ejemplo en 2004 se evitaron el vertido de 4,7 millones de toneladas aproximadamente.
- **Minimiza la generación de emisiones** tanto directas como indirectas, de forma que cuando se produce una tonelada de aluminio reciclado se evita aproximadamente:
 - La producción de 1.370 Kg de residuos de bauxita.
 - La emisión de 9.800 Kg de CO₂.
 - La emisión de 64 Kg de SO₂.

- Es una **actividad rentable, creadora de empleo y que fomenta el desarrollo industrial**, al ser más barato reciclar el aluminio que fabricarlo ex novo. Así, el aluminio es el único material de envase que cubre más allá de su coste de recolección, proceso y traslado al centro de reciclaje. Lógicamente el material más puro es más valioso porque se puede destinar a cualquier otro uso.

Así, esta industria genera más de diez mil puestos de trabajo en toda Europa tanto de forma directa como indirecta.

Por todo esto, la industria de la recuperación de aluminio, desde virutas de mecanizado, hasta los propios envases de alimentos supone un éxito de gestión medioambiental respaldado por una potente industria económicamente viable, que facilita a las refinerías un producto elaborado y de alta calidad.

Especificaciones para las chatarras de Aluminio.

Existen especificaciones una vez que el metal se ha convertido en chatarra. Estos estándares también existen a todos los niveles, internacional, europeo, nacional o acuerdos bilaterales entre vendedor y cliente, y se utilizan no solo como base para establecer un determinado precio, sino como referencia para clasificar y controlar la calidad de cada envío.

Estas clasificaciones se establecen basándose fundamentalmente en:

- Composición química del metal.
- Nivel de impurezas que contiene.
- Su forma y tamaño.
- Homogeneidad.

A nivel de comercio internacional, la norma más utilizada es la **Especificación ISRI**, desarrollada por la Asociación norteamericana de recicladores de chatarra (Institute of Scrap Recycling Industries, ISRI). Este

estándar americano establece las normas para la clasificación de la chatarra férrica, no férrica (como el aluminio, vidrio, papel o plástico entre otros).

Dentro de esta especificación existen más de 40 categorías para la chatarra de aluminio que abarcan desde latas de bebida, litografía, radiadores, cables, virutas, escorias, etc.

A nivel europeo destaca la **norma UNE-EN 13920** sobre chatarra de aluminio y aleaciones de aluminio, que especifica los requisitos y directrices generales para el suministro y la clasificación de las diferentes categorías de chatarra de aluminio, incluyendo los requisitos de calidad, muestreo y ensayo.

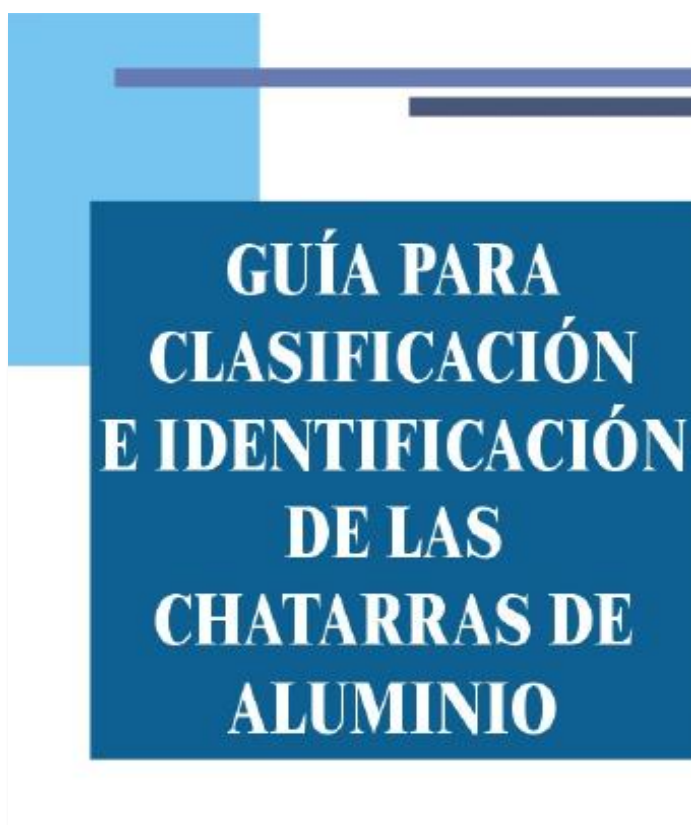
Las categorías abarcan desde la norma EN 13920-2 a la norma EN 13920-16, y en cada uno de ellas se marcan los requisitos y directrices especiales para cada una de las categorías de chatarra:

- Parte 1: Requisitos generales, muestreo y ensayos.
- Parte 2: Chatarra de aluminio no aleado.
- Parte 3: Chatarra de cable y alambre.
- Parte 4: Chatarra de una única aleación de forja.
- Parte 5: Chatarra de dos o más aleaciones de forja de la misma serie.
- Parte 6: Chatarra de dos o más aleaciones de forja.
- Parte 7: Chatarra de piezas moldeadas.
- Parte 8: Chatarra de materiales fragmentados no férreos destinados a procesos de recuperación del aluminio.
- Parte 9: Chatarra de aluminio procedente de procesos de separación de materiales no férreos fragmentados.
- Parte 10: Chatarra procedente de botes de bebida usados de aluminio.
- Parte 11: Chatarra procedente de radiadores de aluminio-cobre.
- Parte 12: Virutas de una única aleación.
- Parte 13: Virutas de dos o más aleaciones.
- Parte 14: Chatarra de envases usados de aluminio.

- Parte 15: Chatarra de aluminio deslacado procedente de envases usados de aluminio.
- Parte 16: Chatarra de espumas, derrames y concentrados metálicos.

Por último, en España hace algunos años FER realizó junto a ASERAL (la Asociación Española de Refinadores de Aluminio) una **Guía para la Clasificación e Identificación de las Chatarras de Aluminio**, de cuyo comité elaborador tuve la suerte de formar parte, basándose en las normas europeas y en las especificaciones ISRI. Esta guía se divide en 13 categorías que comprenden desde perfil, recorte, botes, carter o virutas, hasta espumas, radiadores de Al-Cu, taras, etc.

Ilustración 28. Guía Clasificación Aluminio



EL CICLO COMPLETO DE LOS ENVASES DE ALUMINIO

Los Residuos Domésticos Mezclados (RDM)

El proceso de gestión de los residuos ha sido impulsado fuertemente desde las administraciones en aplicación de los principios establecidos por la diferente normativa de Residuos, que en aplicación del principio de jerarquía en el tratamiento de residuos trata de fomentar la **prevención** en la generación de residuos. En el caso de que esta no sea posible, propone otros procesos alternativos ordenados por orden de preferencia: la **preparación para la reutilización**, el **reciclado**, la **valorización** incluida la valorización energética y, como última opción, la **eliminación**.

Dentro del flujo de los residuos podemos distinguir los **Residuos Domésticos Mezclados** (en adelante **RDM**). Los residuos domésticos se definen en la **Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados** como los *"residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias."*

Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria. Tienen, además, la consideración de residuos domésticos, los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados.

Dentro del amplio concepto de los RDM se pueden distinguir varios flujos, uno de ellos que vamos a destacar es el de la **"bolsa de resto"**, que incluye la materia orgánica y los residuos que no estén catalogados como peligrosos o especiales y no hayan sido recogidos en otros contenedores

(escombros, etc.) que se depositan en el tradicionalmente conocido como "cubo de la basura". La materia orgánica se valoriza mediante procesos de **compostaje**. La siguiente opción es la valorización energética, que se puede conseguir mediante dos procesos: **biometanización** e **incineración**.

La última opción para los residuos domésticos mezclados es el depósito en **vertedero**, ya que es la última opción en la jerarquía de residuos. No obstante, ha sido la opción más utilizada históricamente y por ello se intenta reducir. Según la Agencia Europea de Medio Ambiente, de un porcentaje de depósito en vertederos del 47% en 2004, se prevé que se pueda reducir al 35% en 2020. Esta reducción para ser viable tiene que estar apoyada por un incremento del reciclado y otras operaciones de recuperación de materiales, que se incrementarían del 36% actual al 42% para 2020.

Según este mismo organismo, en Europa se recicló el 35 % de los residuos urbanos en 2010, una mejora significativa respecto al 23 % registrado en 2001. Sin embargo, a muchos países les resultará extremadamente difícil alcanzar los objetivos impuestos por la UE de reciclar el 50 % de los residuos domésticos y similares para el año 2020.

En el año 2012, según datos de Eurostat, España mandó a vertedero un 63,4% de los residuos municipales tratados por habitante y año, un 10,1% a compostaje, un 17% a reciclado y un 9,5% a incineración con recuperación de energía.

Los residuos formados por papel, cartón y vidrio han de ser depositados en sus contenedores para, de esta manera, conseguir que estos residuos especiales se recojan de manera independiente y puedan gestionarse de la forma más eficiente.

Por su parte, los residuos peligrosos deberán gestionarse también de forma diferenciada del resto de residuos, con el objetivo de minimizar sus impactos sobre el medio ambiente y la salud humana. Así, las pilas y los

medicamentos tienen sus propios sistemas integrados de gestión, SIGRE, ECOPILAS, etc. El resto de residuos peligrosos, como pueden ser los aceites minerales, las baterías o las radiografías, deben depositarse en instalaciones especiales, los **"puntos limpios"**, que deberán recibir, además, otros residuos especiales como los voluminosos.

A medida que han ido aumentando los kilogramos de RDM generados por habitante la gestión de los mismos ha ido también mejorando. En los países europeos, según una valoración publicada por la Agencia Europea de Medio Ambiente en enero de 2008, cada ciudadano europeo generó 460 kilogramos de residuos urbanos en 2004, cifra que podría aumentar hasta 680 en 2020, lo que supondría un aumento de la generación de residuos del 50% en 25 años.

Por último dentro de los RDM podemos encontrar los envases, cuyo proceso de reciclaje empieza con el establecimiento de un sistema propio de recogida a través de una red de contenedores amarillos colocados de manera que cubran adecuadamente las necesidades de la población. Estos contenedores recogen en origen los residuos domésticos de los envases de plástico, madera, metálicos y tetrabrik (reciclables en su mayor parte), generándose en España una media de 48 kilogramos al año por persona.

Proceso general de reciclaje de los envases.

Para llevar a cabo una adecuada separación por materiales, los residuos de envases que son recogidos en estos contenedores amarillos ubicados en la vía pública a tal efecto, se llevan a **plantas de selección**, donde se clasifican y seleccionan para después ser vendidos a plantas recuperadoras que se encargarán de reciclados o valorizados.

Lógicamente las tasas de reciclado y los posibles usos del nuevo material generado dependen de la composición de los envases, algunos como el aluminio o el acero son 100% reciclables y su destino son las fundiciones,

donde se utilizan como materia prima para fabricar nuevos productos metálicos.

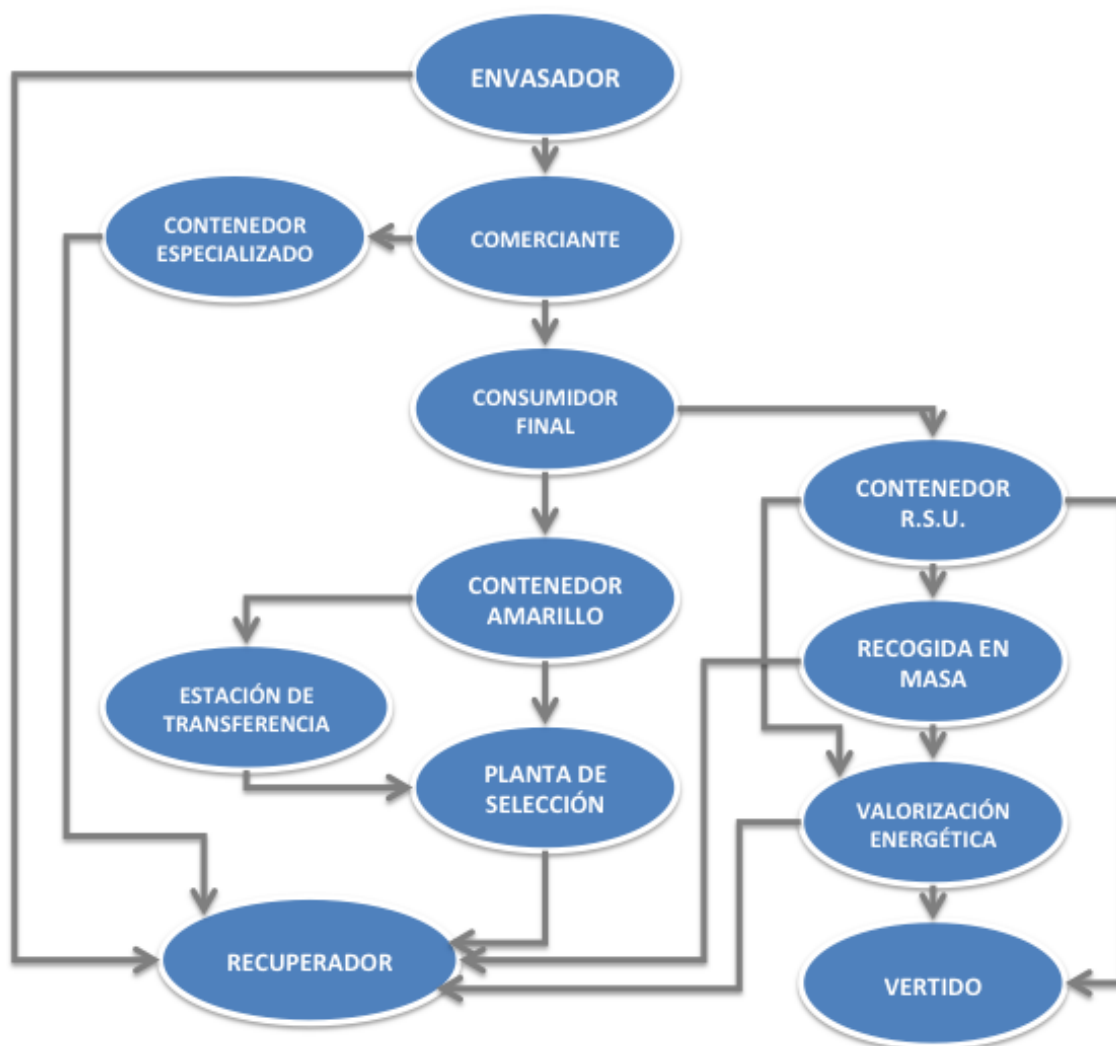
El resto de materiales, como los envases de plástico también se pueden reciclar, aunque en menor medida, y se destinan, principalmente, a la fabricación de bolsas de plástico y envases de uso no alimentario, aunque también pueden formar componentes del mobiliario urbano o de la señalización.

Por su parte los briks han supuesto tradicionalmente un importante reto pues al estar conformados por capas superpuestas de distintos materiales (plástico, cartón y aluminio) su reciclaje separado es sumamente complejo. Así que, usualmente, se pueden reciclar tratándolos como un residuo homogéneo, como si estuvieran formados por un solo componente, en la fabricación de aglomerados. En los últimos tiempos han aparecido otras técnicas dirigidas a obtener cada uno de los materiales por separado, de forma que el papel y cartón se puede reciclar y el polietileno y el aluminio se puedan destinar a la valorización.

Proceso de reciclaje de los envases metálicos.

Centrándonos ya en el reciclaje de los envases metálicos, primero de los flujos de bienes fuera de uso en los que se concentra la presente Tesis, como se observa en el esquema siguiente, se toma como punto inicial del proceso de reciclaje la puesta a la venta en el mercado del producto por parte del envasador, que va a pagar una cantidad por cada envase a un sistema integrado de gestión (SIG), para que con este dinero el SIG pueda establecer y financiar todo el sistema de recogida, selección y reciclaje de dichos envases para tratar de alcanzar los objetivos que marca la normativa y que deben cumplir consecuentemente los envasadores.

Ilustración 29. Proceso de recuperación de los envases metálicos



Fuente. Elaboración Propia

Una vez adquirido y consumido el producto, el envase usado o los residuos de envases generados inician el proceso. En este momento existen diferentes canales que puede seguir el material para su posible recuperación:

- El envase es depositado en **contenedores especializados** instalados por empresas dedicadas a la recuperación en la vía pública, grandes superficies, escenarios de acontecimientos multitudinarios, lugares de gran afluencia de público, etc. En estos contenedores, para obtener una mayor eficacia en la recogida, se puede pensar el bote de bebida en el momento de la recepción, con lo que se consigue, dado su menor volumen,

abaratarse el almacenamiento y el transporte. Las empresas recuperadoras recogen periódicamente los contenedores y, posteriormente, transfieren el material a fundiciones o a otros recuperadores.

Ilustración 30. Contenedor especializado.



- El envase es depositado en los **contenedores amarillos**, instalados por las entidades locales o por las comunidades autónomas con el objetivo de facilitar la recogida selectiva de los envases. El producto recogido en los mismos es transportado a las plantas de selección, que son centros dedicados especialmente a la separación de residuos por materiales. Una vez efectuada la clasificación, los materiales son enviados al recuperador.

Ilustración 31. Contenedor Amarillo.



- El envase es depositado en los **contenedores de RDM, papeleras**, etc., donde el sistema ordinario de recogida,

transporte y tratamiento de residuos y desechos se hace cargo de los mismos.

- En las plantas de recogida en masa (compostaje) y en las instalaciones de valorización energética (incineradoras) preparadas para recuperar envases de aluminio, el material es seleccionado mediante procedimientos de inducción magnética (corrientes de Foucault) y enviado al recuperador. El resto es almacenado para la obtención de compost o energía.

El material es recogido por pequeños recuperadores y, tras hacer una preselección, es enviado a otros recuperadores de mayor entidad.

Ilustración 32. Tipo de transporte de los envases metálicos prensados



- Existe un porcentaje de material que, tras ser recogido en masa, no se selecciona y es enviado a vertedero perdiéndose y no volviendo a entrar en el ciclo.
- Otra cantidad significativa de envases de aluminio llegan al recuperador directamente desde el envasador. Estos residuos provienen de envases defectuosos, de errores o accidentes en los procesos de envasado, almacenamiento o transporte o de envases que, por alguna otra causa, no van a tener salida en el mercado y solo pueden ser gestionados como residuos.

Tratamiento de los residuos domésticos mezclados (RDM)

En el punto anterior, se citan distintas plantas en las que se pueden clasificar o gestionar los RDM, como son las de selección o las de compostaje. En los últimos años ha surgido la figura de la planta de tratamiento integral de RDM. Este tipo de instalación agrupa los procesos que se llevan a cabo en los distintos emplazamientos, de forma que la gestión sea eficiente y se pueda reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos y el gasto de energía; de hecho, estas plantas son capaces de generar energía no solo para el propio abastecimiento, sino también un excedente que se puede exportar a la red eléctrica.

Las plantas de tratamiento integral de RDM pueden constar de diferentes etapas o procesos. Aquí citaremos los más importantes que, en general, estarán incluidos en la práctica totalidad de este tipo de instalaciones.

La primera etapa de cualquier tipo de planta de tratamiento de residuos y también de una de tratamiento integral es la recepción de los mismos. En el caso de estas instalaciones, los desechos, provenientes, por lo general, de una gran ciudad o zona densamente poblada en las cercanías, pueden llegar a la planta en camiones o incluso en trenes, con tres posibles procedencias: las estaciones de transferencia situadas en la propia área urbana, centros de menor tamaño, correspondientes a núcleos urbanos más pequeños, o directamente de la recogida urbana de papeleras y limpieza viaria.

En una planta típica de tratamiento integral, el control de acceso incluye el pesaje de los materiales entrantes, ya sean camiones o contenedores en trenes. Una vez aceptados, pesados y asegurados los materiales, se procede a su depósito en el foso, donde comenzará la etapa de clasificación.

La etapa de clasificación se realiza de forma mecanizada, mediante la utilización de trómeles, separadores magnéticos, mallas para la separación de residuos voluminosos, etc.

Tras este proceso, se diferencian las distintas fracciones, cada una de las cuales tendrá un destino:

- Fracción orgánica, cuyo destino es el compostaje y la biometanización.
- Envases ligeros y materiales reciclables, que serán finalmente incluidos en procesos de reciclaje posteriores.
- Materiales valorizables, que serán destinados a la recuperación energética.
- El resto de los residuos, que no encajan en ninguna de las tres anteriores fracciones, serán depositados en vertederos.

La **fracción orgánica** es sometida, en primer lugar, a una digestión anaerobia en digestores, donde la materia orgánica es fermentada por microorganismos. Como consecuencia, se obtienen dos líneas de residuos: los sólidos, que se destinan a completar el proceso de compostaje, y los gases (biogás), que pasarán a formar parte del proceso de biometanización. El gas obtenido en estos procesos se suele utilizar para generar energía eléctrica e incluso hay intentos de generar gas ciudad que se pueda inyectar en la red de gas natural.

El proceso de compostaje se realiza, por lo general, en reactores biológicos; pueden existir varios en la misma planta, de forma que se puedan tratar de forma independiente las distintas fracciones orgánicas que se obtengan en base a su procedencia. Por ejemplo, se puede tratar en un reactor la fracción procedente de la recogida selectiva y, en otro, la obtenida de la fracción resto, de manera que se optimiza el proceso.

El proceso de biometanización tiene lugar a partir del biogás obtenido en la digestión anaerobia que es recogido, por regla general, en la parte superior de los digestores, y se puede aprovechar en la propia planta.

Los materiales que se pueden reciclar son separados del resto de residuos mediante diferentes procesos, anteriormente citados, como separadores magnéticos, cribas o mallas de diferentes medidas o separación manual. De esta forma, se separan los plásticos, el papel y el cartón, los metales férricos y no férricos, el vidrio, los briks o los envases de aluminio. Una vez diferenciados, estos materiales son prensados y preparados para su envío a los centros de tratamiento donde serán sometidos a los correspondientes procesos de reciclaje.

Los materiales que se destinan a la valorización energética son aquellos que no han tenido cabida en los procesos anteriores (compostaje y reciclaje). Mediante esta etapa, se evita que estos residuos acaben depositados en vertederos y, además, se aprovechan como combustible para generar energía eléctrica. De esta forma, la planta se autoabastece, de forma que no solo no necesita suministro de energía eléctrica para funcionar, sino que puede exportar el excedente de la producción a la red. Este excedente, dependiendo del tamaño de la planta, puede abastecer a una ciudad de varios miles de habitantes. Un buen ejemplo de esta operativa lo tenemos en la planta incineradora de las Lomas en el complejo madrileño de Valdemingómez que resulta ser la mayor estación de generación eléctrica de la Comunidad de Madrid.

Ilustración 33. Incineradora de Valdemingómez



Los residuos que se van a utilizar como combustible se almacenan, por lo general, en un depósito con capacidad para varios días de suministro ininterrumpido al horno, de forma que este pueda funcionar las 24 horas del día, incluso en los días en que la planta pueda estar parada o reciba menos material.

En el horno se lleva a cabo la incineración de los residuos, ayudada por inyección de aire para que sea completa. Los materiales que no se pueden quemar, como vidrio o metales que no puedan haber sido separados en los procesos anteriores, junto con las cenizas y escorias, se extraen, normalmente, por la parte inferior.

El destino de las cenizas suele ser el depósito en vertederos. Las escorias se tratan para reducir su grado de humedad y separar posibles restos de materiales que puedan contener, como los de tipo metálico, que se extraen con un separador magnético. Posteriormente, se almacenan y, como punto final, se destinan a otros procesos, como puede ser su valorización en industrias cementeras, su uso como base en la construcción de carreteras o, como última opción, su depósito en vertedero.

Los gases de combustión se extraen a una cámara de post-combustión, de ahí a una caldera de recuperación de calor y, posteriormente, pasan varios procesos de lavado, de manera que los contaminantes sean neutralizados y no se produzcan emisiones a la atmósfera.

Este tratamiento de los gases forma parte del objetivo principal de la planta, que no solo se centra en reducir la cantidad de residuos que acaban en vertedero, sino que también tiene cuidado de no generar nuevos impactos ni aumentar los inevitables.

Finalmente, aquellos materiales no aptos para el compostaje, que no se puedan reciclar y que no hayan sido destinados a la valorización energética, se depositan en un vertedero. El objetivo principal de este tipo de instalaciones es que esta fracción sea lo más pequeña posible.

Funcionamiento de una planta de selección de envases.

Como ha sido comentado anteriormente, las plantas de selección de envases tienen como misión la separación de los envases procedentes del contenedor amarillo en función de su composición.

El esquema del proceso de estas plantas de selección es el siguiente:

1. Los camiones recolectores procedentes de las plantas de transferencia de residuos descargan la fracción de envases en un foso o playa de descarga. A través de una grúa, los residuos se depositan en cintas transportadoras por las cuales se desplazan a las diferentes unidades.
2. A continuación, se separan manualmente en la **cabina de preselección** los residuos voluminosos de cartón y plástico. A su vez, las bolsas de basura atraviesan un **rompedor** que libera el contenido de las mismas. Mediante **campanas de aspiración neumáticas**, se eliminan estas bolsas y pequeños trozos de plásticos finos, llamado film.
3. Una vez efectuada la preselección, los envases pasan a una criba cilíndrica giratoria, llamado **trómel**, donde, a través de unas mallas metálicas de diferentes diámetros, se separan los envases en distintas fracciones según su tamaño. Así, los envases clasificados por tamaños (lo cual da una idea de su composición) serán distribuidos en diferentes líneas donde se separarán los plásticos de forma manual, mientras que los metales se clasificarán con electroimanes e inductores magnéticos.

En la fracción de cribado más estrecha se obtienen restos orgánicos, arenas y trozos de vidrio que serán destinados a la obtención de compost o bien se enviarán directamente a vertedero:

- a. La separación de envases metálicos se realiza básicamente a través de una separación mecánica. Así, los férricos se separan mediante **electroimanes** y los envases de aluminio y briks con **inductores magnéticos** por corrientes de Foucault. Una criba vibrante separa estas dos últimas fracciones entre sí. Los productos obtenidos se prensan para facilitar su manipulación y transporte.
- b. Los plásticos se separan posteriormente de forma manual en una **cabina de selección**, distinguiéndose entre:
- **PEAD (Polietileno de Alta Densidad):** envases duros de color empleados en jabones, detergentes, suavizantes, leche, etc.
 - **PEBD (Polietileno de Baja Densidad):** bolsas de plástico de la compra (pueden haber sido previamente recogidos con el separador neumático).
 - **PET (Polietileno Tereftalato):** bebidas gaseosas, agua, aceite, vinagre, etc. Tienen en la parte inferior un engrosamiento en forma de punto, que es donde acaba la transformación de la granza en cuerpo hueco.
 - **PVC (Policloruro de Vinilo):** se empleaba fundamentalmente en envases de agua, aceite, vinagre. Ha sido sustituido prácticamente por el PET. En la parte inferior tienen una línea limitada en sus extremos por otra perpendicular. Cuando las botellas se aplastan los dobleces adquieren un color blanquecino.
 - **Plástico mezcla:** resto de plásticos como PS (Poliestireno), PP (Polipropileno) empleados en menor medida para alimentos y detergentes.

Estos plásticos después de ser separados, se trituran y apilan en sacos, o bien se compactan en paquetes.

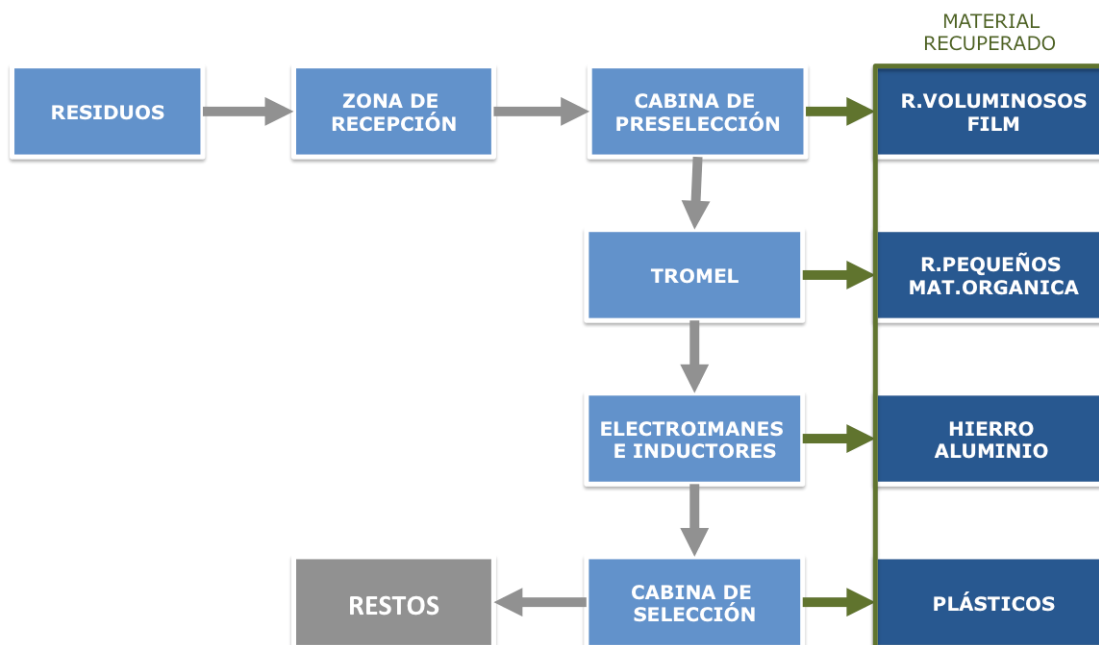
Ilustración 34. Plásticos separados y compactados en el interior de una planta



La aplicación de nuevas tecnologías permiten que en algunas de las plantas de selección mas modernas existan maquinas que a través de visión artificial son capaces de distinguir el material del envase, principalmente entre los plásticos y, posteriormente, enviarlo a un contenedor separado mediante una inyección de aire (un soplido).

El **resto** de desechos, es decir, los residuos que no son envases, siguen distintos procesos en función de su composición y toxicidad. La mayoría se envían a plantas incineradoras o a vertederos.

Ilustración 35. Esquema del proceso de clasificación de envases



Fuente: Elaboración propia

Elementos del proceso de recuperación de envases.

Ante la creciente demanda de la industria refinadora de aluminio para la elaboración de productos que satisfagan las necesidades del mercado de aluminio reciclado, es cada vez más importante la mejora de procesos y de métodos de trabajo. Para satisfacer parte de la demanda y cumplir con las exigencias por parte de la Administración de una industria cada vez más responsable con el medio ambiente se ha creado un sector del reciclaje competitivo y que aporta gran cantidad de la materia prima para la elaboración de envases de aluminio.

Dentro de los procesos fundamentales en la industria de la recuperación de envases, se encuentra la selección y gestión de distintos tipos de productos incluidos en los residuos que llegan a la planta de tratamiento. La segregación controlada de elementos ajenos al proceso de recuperación de envases es una tarea que depende de un personal cualificado y una maquinaria cada vez más desarrollada. Después del proceso de selección, el material es pretratado y compactado, con el fin de ahorrar costes de

transporte, hasta la fundición, donde es tratado para producir lingotes y fabricar nuevos productos.

A continuación, se desarrollan los distintos procedimientos, con la participación de la maquinaria empleada en el proceso de recuperación y reciclado de envases, ya sea en plantas de selección, plantas de recuperadores e incluso en plantas de incineración y compostaje, donde hoy en día se siguen recogiendo envases de aluminio.

Almacenaje de residuos e incorporación en el proceso.

Una vez que los residuos procedentes de la recogida llegan a la planta, en vehículos habilitados para el transporte de este tipo de residuos, se depositan en la playa de descarga o en un silo acondicionado, desde donde son colocados, mediante el empleo de grúas o palas, en cintas transportadoras.

Mediante triaje manual, los operarios cualificados llevan a cabo la selección y la clasificación de los residuos, eliminan del proceso manualmente elementos impropios como residuos voluminosos, electrodomésticos, enseres de mobiliario, cartones, elementos metálicos de mediano o gran tamaño, etc.

Segregación.

Para favorecer la clasificación manual o la segregación de impropios del resto de residuos, se pueden utilizar equipos vibratorios, cuya función es dispersar los residuos sobre una superficie con el objetivo de que los operarios de triaje puedan, de una forma rápida y sencilla, localizar elementos ajenos a los envases, evitando así, la concentración del residuo, que se puede producir, por ejemplo, en la parte central de la cinta transportadora. Facilitar esta tarea tiene otras ventajas, como evitar la fatiga visual de los técnicos, lo que se traduce en otra mejora del proceso de selección.

El diseño de una máquina vibradora es relativamente sencillo, se basa en un conjunto metálico apoyado o suspendido sobre unos elementos aislantes metálicos, como los muelles, o de goma, que se acciona mediante un motor que impulsa un eje con masas excéntricas.

Las tolvas de alimentación a los distintos procesos, como el de la clasificación, también pueden tener elementos que vibren, de forma que el caudal sea más uniforme y se dosifique mejor. Estos elementos pueden evitar aglomeraciones de residuos o paradas en el proceso de alimentación.

Otro tipo de maquinaria que se puede utilizar en el proceso son los puentes grúa, que son muy útiles en el proceso de traslado horizontal de grandes volúmenes de residuo. De esta manera, los puentes grúa permiten salvar obstáculos como el peso de la propia carga y los esfuerzos generados por el desplazamiento dinámico a la hora de realizar este tipo de movimientos.

Generalmente, los puentes grúa se mueven a lo largo de dos vigas principales, sobre las que van montadas varios motores dimensionados para la elevación y el desplazamiento horizontal de la carga. Cada mecanismo de elevación dispone de un pulpo de accionamiento electrohidráulico o de un electroimán para la manipulación de la chatarra. La velocidad del movimiento de la carga es variable y depende, principalmente, del momento del proceso en que se requiere el movimiento y de las características especiales tanto del proceso que se esté llevando a cabo como de la carga que se desee trasladar.

El transporte de residuos hacia el trómel se puede realizar, principalmente, de dos maneras. La más fácil y económica consiste en aprovechar el efecto de la gravedad, en caso de que exista una pendiente natural entre la tolva de recepción y el trómel. La

diferencia de cota entre el lugar donde están los residuos y aquel al que se quieren desplazar permite el movimiento del material, lo que se traduce en un ahorro energético y monetario. En el caso de que no haya diferencia de cotas en las instalaciones, los residuos se pueden trasladar a través de una cinta de elevación, lo que aumenta los costes pero también la eficacia del procedimiento.

Aspirador neumático de films.

Los residuos llegan a la planta de tratamiento, generalmente, en el interior de bolsas de plástico. Un rompedor de bolsas facilita la tarea de extracción de los residuos para incorporarlos al proceso de selección. Los plásticos de tipo film generados son enviados al ciclón separador mediante campanas de aspiración. Una vez aislados, son compactados en una prensa especial.

El trómel permite separar los distintos tipos de residuos en función de su tamaño. Consta de un cilindro rotativo perforado, ligeramente inclinado, con una serie de perforaciones de diferentes diámetros, en función del tipo de residuo que se desee clasificar. Además, puede contener en su interior una serie de cuchillas metálicas que permitan romper las bolsas de plástico y homogeneizar los residuos, lo que es muy útil en el caso de que no se disponga de un rompedor de bolsas. Toda la zona interior del trómel, incluidas las perforaciones, tienen que ser mecánicamente resistentes. Los residuos forman un material altamente abrasivo con las paredes que, en caso de que las deteriore, supone un coste añadido de mantenimiento o, en el peor de los casos, el coste de la reposición del elemento dañado.

Al girar el trómel, los residuos cuyo diámetro sea menor que el de las perforaciones, son expulsados al exterior por la fuerza centrífuga generada y recogidos en un recipiente habilitado, en un silo o en una cinta, situaciones a partir de las cuales estos residuos serán destinados a otros procesos. De esta forma, se generan varias corrientes de residuos, clasificados en función de su tamaño. El avance de los materiales por el interior del trómel y hacia las cintas

de triaje es lento, debido a la inclinación que posee, de 5 a 20 grados.

La primera sección suele tener un diámetro reducido y está destinada a separar, fundamentalmente, materia orgánica, aunque también se extraen otros residuos de pequeño tamaño, como vidrio, inertes, tapas de botellas, metales pequeños y plásticos.

El tamaño de malla de la segunda sección se aproxima al tamaño de botes de bebida y conservas. El material que se extrae en este punto se hace pasar, a continuación, por un electroimán y un separador magnético, que genera corrientes de Foucault para aislar el aluminio. Los materiales no metálicos continúan por las cintas hacia el área de triaje, donde los operarios se encargan de separar manualmente algunos de ellos, como los plásticos y el papel.

Finalmente, en la tercera sección del trómel, se obtienen residuos de un diámetro similar a botellas grandes de bebidas. Esta fracción se hace pasar por las cintas de selección manual, de forma que se separa primero el plástico fino mediante aspiración neumática y, posteriormente, el polietileno de alta densidad (PEAD), el policloruro de vinilo (PVC), el polietilentereftalato (PET), el papel y los plásticos mezclados (polipropileno, poliestireno, etc.)

Cribas.

Para realizar la separación automática de envases existen alternativas al trómel, para el caso de que no se disponga de él, aunque también se utilizan de forma complementaria. Un ejemplo son las cribas vibratorias, que tienen cierta variedad de formas y tamaños en función del material que se pretenda segregar y clasificar.

Otro tipo de cribas son los **separadores balísticos**, que permiten la clasificación de varios tipos de materiales en tres fracciones mediante un juego de pedales con cribas rodantes que se disponen

desplazadas entre sí en un dispositivo hidráulico de inclinación ajustable, y gracias a un determinado grado de inclinación permite la separación de los residuos según su tamaño y formas:

- Fracción inferior: habitualmente se considera un paso de 7 cm de diámetro, y se compone principalmente de materia orgánica, chapas y envases de menor tamaño.
- Fracción media: aquélla situada entre 7 cm y 75 cm, compuesta principalmente por los envases de tamaño medio y especialmente de todas las botellas y elementos rodantes.
- Fracción superior: compuesta por los elementos de mayor tamaño y más planos.

Electroimán.

Los electroimanes permiten separar los materiales magnéticos de los no magnéticos. Estos artilugios se convierten en imanes de forma temporal, gracias a una bobina cilíndrica de alambre enrollada en forma de espiral, es decir, un solenoide, en cuyo interior se coloca un núcleo de hierro. Cuando una corriente eléctrica recorre la bobina, las partículas de hierro se alinean en la misma dirección que el campo eléctrico y se crea un fuerte campo magnético.

Inductores.

El aluminio es un metal no magnético, pero puede convertirse en magnético de forma artificial gracias a su alta conductividad eléctrica. Un metal no férrico en movimiento dentro de un campo magnético genera unas corrientes denominadas de Foucault, que dan lugar a otro campo magnético opuesto al imán que tenga próximo, que permite la selección del material. También se pueden originar estas corrientes mediante alternancia de polos magnéticos sobre el material no férrico en reposo.

Este efecto físico se emplea en separadores para lograr que los residuos de aluminio salgan proyectados de la cinta transportadora, los residuos magnéticos queden adheridos a la misma y los restantes materiales no se vean afectados. Estos inductores también se pueden

emplear para extraer otros metales no férricos como el cobre o el zinc. Otra forma de reconocer el aluminio es utilizando un sensor, que lo diferencia por el grosor, de forma que pueda ser expulsado mediante un sistema de inyección de aire.

Cintas de Triage.

En las plantas de recuperación, los medios mecánicos de la cadena de producción no son infalibles y hay ciertos envases que no pueden ser clasificados de forma completa. En este caso, los operarios cualificados llevan a cabo una selección manual en las cintas de triaje. Esta maquinaria está formada por rodillos, impulsados por un motor a través de una correa. Los materiales que componen las cintas de triaje deben ser resistentes, ya que los residuos, como se mencionó anteriormente, forman compuestos abrasivos y, además, pueden contener líquidos corrosivos.

La velocidad de las cintas puede variar desde 0,3 a 2 metros por segundo. El ancho que pueden tener es aproximadamente de 1 metro, mientras que la elevación suele estar en el intervalo de 70 a 85 centímetros. La longitud de las cintas de triaje depende de la cantidad de residuos que vayan a ser tratados y del número de fracciones a clasificar, de manera que se pueden construir varias líneas paralelas para aumentar la producción, lo que significa un mayor número de puestos de trabajo.

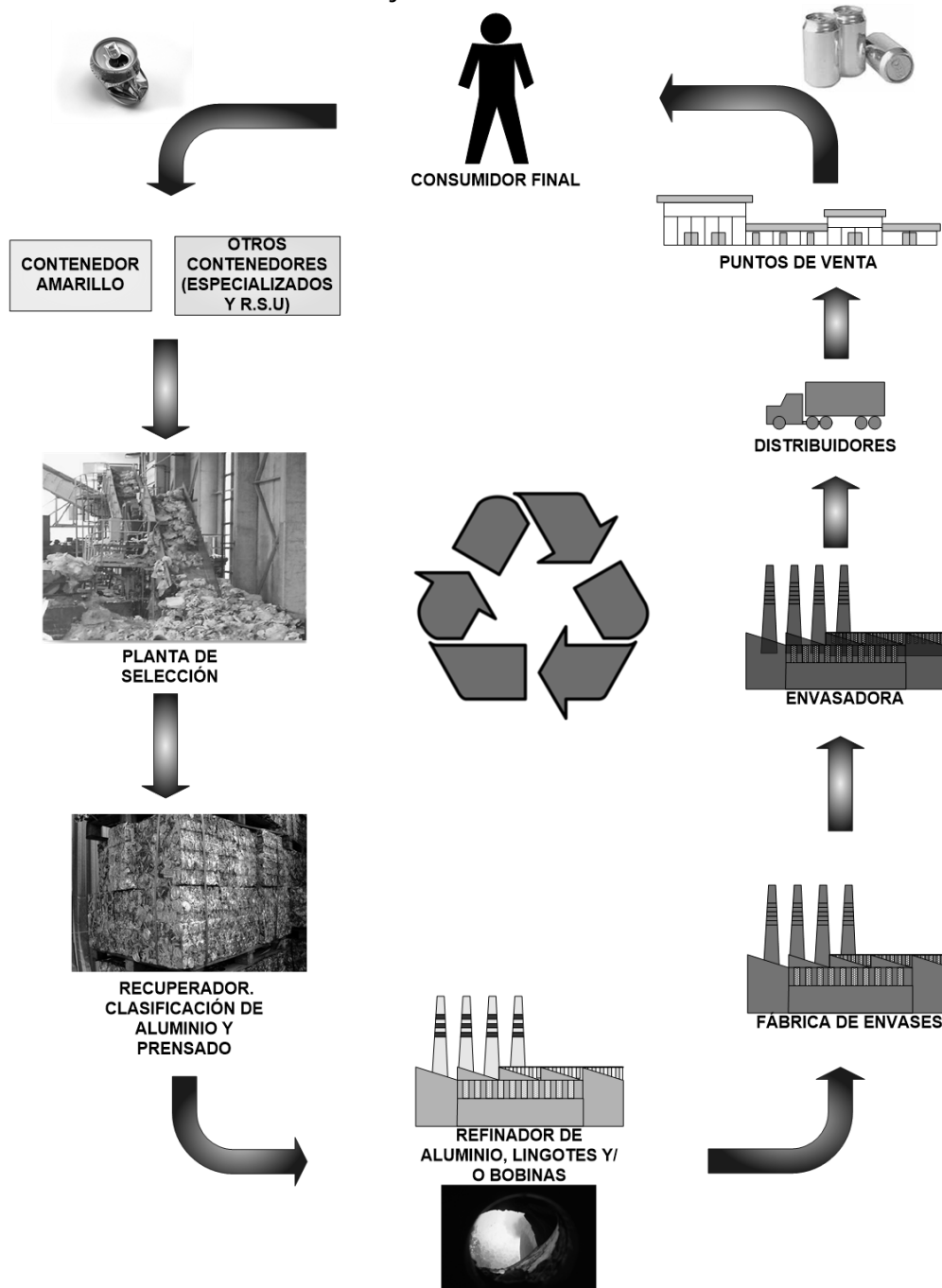
Separadores Ópticos.

Gracias a las nuevas tecnologías se puede utilizar la visión artificial para separar materiales de reciclaje en función de sus propiedades ópticas. Con estos aparatos, se pueden diferenciar de forma automática productos que están mezclados en una cinta de triaje. En los separadores, a través de unos sensores, se detecta la longitud de onda infrarroja reflejada por los objetos de la cinta y, una vez identificado, los distintos materiales se separan en contenedores mediante el uso de corrientes de aire.

Prensa.

La compactación del material reciclable es esencial para facilitar el almacenamiento y el transporte, con el objetivo de disminuir el coste de ambas operaciones. Los plásticos, el papel, el cartón y los recipientes metálicos son materiales muy voluminosos y ligeros, que tienen poco peso por lo que, mediante la compactación, se logra reducir el coste del transporte y así, aumentar la eficiencia económica del proceso de reciclaje.

Ilustración 36. Ciclo de reciclaje del envase de aluminio



Fuente: Elaboración Propia

La fundición de aluminio.

Los metales pueden ser recuperados de productos o residuos, y devueltos al proceso productivo sin ninguna pérdida de calidad. El aluminio reciclado total en España representa una parte importante de toda la producción, del orden del 40%, lo que permite reducir el consumo energético en la fabricación de los nuevos productos.

En el caso de los envases en los que se enfocó el estudio de campo sobre envases de aluminio que más adelante se recoge, desde que un envase es desechado por el consumidor final hasta que es de nuevo puesto en el mercado, el proceso es el siguiente:

Recepción y pretratamiento del material recuperado.

Desde la planta de selección se envían los envases al recuperador donde se realizan una serie de operaciones de tratamiento específico, clasificado y prensado según categorías, para su envío posterior a la planta refinadora de aluminio.

A fin de minimizar el impacto medioambiental de las emisiones del horno del refinador, y aumentar notablemente la calidad del producto, el recuperador realiza una serie de procesos.

Mediante un tratamiento de limpieza del producto con diversas técnicas, se eliminan sustancias orgánicas, aceites y otros elementos que dificulten la fusión, produzcan aumento en las emisiones y afecten a la calidad del producto.

Un pretratamiento adecuado del producto es básico para la obtención de un lingote de calidad. El recuperador con estos procesos mejora la calidad suministrada mejorando el rendimiento metálico del refinador (cliente).

Fundición.

El producto se introduce en un horno cuya tecnología depende entre otras de las características del material recibido, emisiones y rendimiento.

De forma general los hornos habitualmente utilizados para la producción de aluminio reciclado son los **hornos de reverbero, rotativos fijos, rotativos basculantes y eléctricos.**

Concretamente el **horno de reverbero** es la tecnología más extendida, de forma que se quema combustible en uno de los extremos de la cámara del horno que está cubierta por una bóveda de ladrillo refractario que reverbera o refleja el calor producido mediante radiación, consiguiendo la fusión del metal o aleación, en este caso el aluminio.

A fin de aumentar el rendimiento metálico en el proceso de fusión, se utilizan los **hornos rotativos fijos** que posibilitan la fusión del metal impidiendo su contacto directo con el aire o los productos de la combustión. La adición de una mezcla de cloruro de sodio y cloruro de potasio, que actúa como tapadera del metal, formando una capa de escoria salina, impide la oxidación del metal fundido. La escoria salina resultante se trata posteriormente para recuperar el aluminio ocluido y una mezcla salina (cloruro de sodio y potasio), ambos reutilizables.

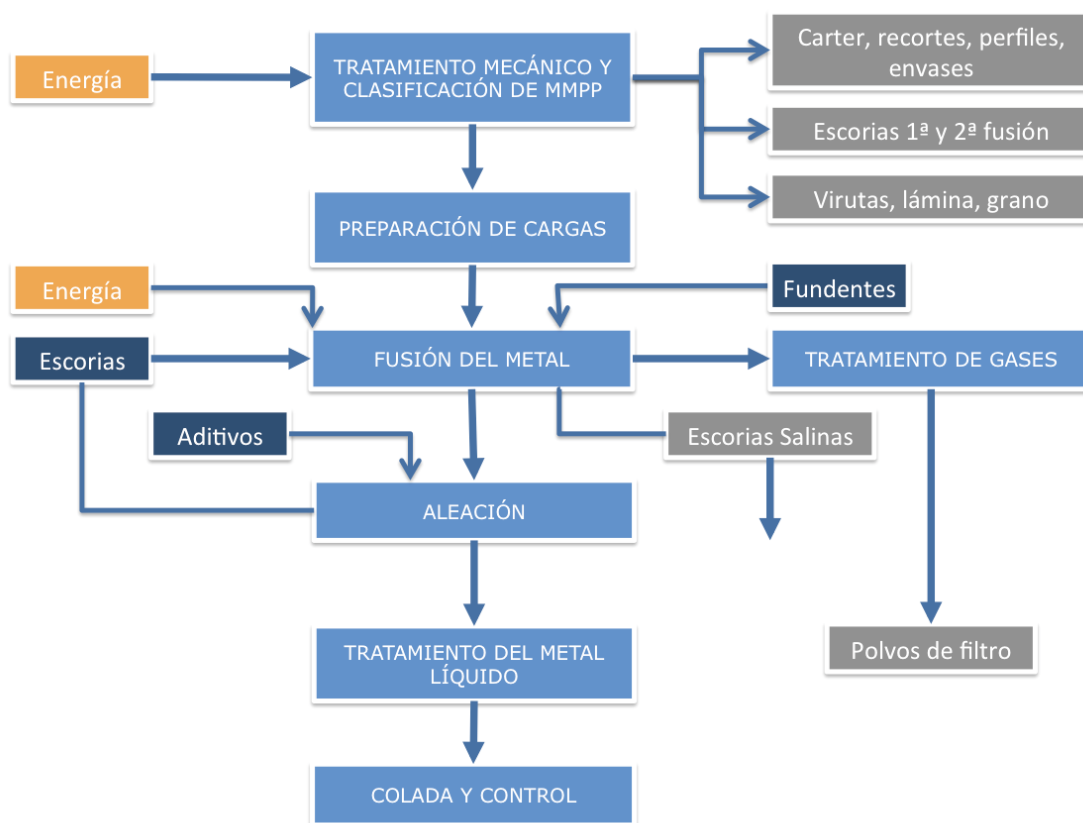
Por un lado se calienta la carga por el contacto directo de las llamas, gases (convección) y la radiación de la bóveda caliente (temperatura alta del material refractario), y por otro se calienta también por contacto directo con la parte superior del horno, que al girar queda bajo la carga, aumentando la productividad y rendimiento del proceso.

Con esto se consigue un notable acortamiento del tiempo de fusión, pues se logra evitar el efecto aislante térmico de la capa de escorias, que flota sobre el baño.

En el caso de los **hornos rotativos basculantes** se brinda además la posibilidad de inclinar el horno, minimizando el tiempo invertido en operaciones que no son de fusión propiamente dichas, tales como la carga del aluminio o la eliminación de escorias.

El esquema general de la producción de aluminio reciclado se resume en el siguiente diagrama de proceso.

Ilustración 37. Diagrama del proceso de la fundición de aluminio



Fuente: Asociación Española de Refinadores de Aluminio (ASERAL).

Finalmente, el producto obtenido en forma de lingotes permite la conformación de piezas de aluminio por diversas tecnologías de moldeo, o la elaboración de bobinas de aluminio para la producción de nuevos envases en instalaciones habilitadas.

En el aparatado siguiente se detalla un ejemplo práctico de la elaboración de envases de aluminio, **botes de bebida**.

Productos de Fundición.

Las fundiciones de aluminio producen varios tipos de productos que dependen de la demanda del cliente final, del mercado en general y del propio dimensionamiento de la instalación de fundición. En un país con gran demanda de lingotes para fundición de piezas de moldeo, por ejemplo porque disponen de potentes empresas de automoción o aeronáuticas, será este el principal producto elaborado. También nos podemos encontrar con una importante red de empresas de extrusión de aluminio para, entre otras actividades, carpintería metálica (construcción). Será entonces el producto discos o tochos los conformados para esta actividad.

Teniendo en cuenta que la demanda nacional e incluso internacional los principales productos de las plantas de fundición son los siguientes:

Lingotes

En la salida del horno de fundición en cualquiera de sus modalidades (reverbero, rotativos fijos, basculantes) se emplaza una o varias líneas de moldes para lingotes que son alimentadas por el metal fundido.

No solo se prepara un molde para facilitar el desmoldeo sino también el almacenamiento y manipulación del lingote fabricado de forma que se puedan habilitar palés de gran capacidad, economizando espacio y disminuyendo costes de transporte.

Como se puede ver en la figura adjunta la forma del lingote favorece el desmoldeo y el transporte (mejor manipulación con carretilla eléctrica y maximiza las unidades a enviar en cada transporte).

En el proceso de solidificación de aluminio es altamente crítico en la conformación de lingotes ya que si es excesivamente rápido puede provocar tensiones mecánicas e incluso su rotura en el desmoldeo. Comienza con enfriamiento en la superficie, se crea un gradiente de temperatura desde el centro del líquido hacia los bordes más fríos que son las paredes del molde, la solidificación comienza por la superficie y termina en el centro, en caso de ser necesario para mejorar las propiedades, características y estructura cristalina final del mismo, se pueden aplicar diversos procedimientos térmicos durante la solidificación o en una fase posterior.

Placas de laminación.

Las placas son los semiproductos para conformación de productos planos en trenes de laminación.

Las placas son transportadas a plantas que disponen de trenes de laminación en caliente y en frío donde se elaboran finalmente las bobinas que se emplean para la conformación de productos de aluminio de estampación, embutición, troquelado, etc. Para obtener una bobina a partir de una placa es necesario que los rodillos estén perfectamente lubricados y donde se tenga un control exhaustivo de las tensiones que se generan por las sollicitaciones mecánicas (se pueden aplicar procedimientos térmicos posteriores para evitar acritud). Por ejemplo una sola placa puede dar como resultado una bobina de hasta 3 Km de largo, dependiendo del espesor, que viene marcado por las necesidades del cliente.

Semiesferas y troncos de pirámide.

También se elaboran productos de pequeña dimensión para fabricación de piezas de moldeo de pequeño tamaño o para la desoxidación del acero. Las formas pueden seremiesferas o troncos de cono/pirámide que también permiten un sencillo

desmoldeo, una fácil dosificación en el horno de fundición y se pueden transportar a granel en recipientes habilitados.

El tamaño es variable siendo el peso sensiblemente inferior a los lingotes relacionados anteriormente.

Tochos de extrusión.

Constituyen la alimentación de prensas de extrusión que conforman el aluminio por deformación plástica a través de matrices.

Además el proceso de extrusión permite crear gran variedad de formas adecuadas a las necesidades del mercado disminuyendo los costes asociados. El material, aluminio con forma de disco o tocho, se empuja a través de un troquel (matriz) con una sección transversal definida.

La extrusión posibilita aplicaciones muy diversas, destacando, entre otras, los variados perfiles de ventanas y cerramientos en general para la construcción.

Aluminio en estado líquido.

En las fundiciones se puede preparar el aluminio listo para su consumo en plantas de piezas de moldeo. Para ello se emplean cucharas habilitadas para ser transportadas por carretera que mantiene el metal fundido con las características y composición necesarias para la demanda del cliente.

Conformación de los envases de bebida.

Para finalizar el ciclo del reciclado, a continuación se hace un breve resumen del proceso de conformado de botes de bebida a partir de bobinas de aluminio de grandes dimensiones, que con el tratamiento adecuado podrán soportar las operaciones de troquelado o estirado necesarias.

El proceso está altamente automatizado, a fin de minimizar los costes unitarios por envase y aumentar la producción. Para ello las bobinas se preparan en un alimentador, que mediante rodillos suministrará la materia prima con la velocidad marcada por la capacidad de las máquinas (número de unidades de troquelado por minuto).

Seguidamente, una prensa troquela la lámina de aluminio en discos cuyo diámetro está dimensionado en función del tamaño del bote (≈ 14 cm), y a continuación dobla un pequeño reborde dejando la pieza con un aspecto similar a un vaso, para poder realizar siguiente proceso.

Durante el troquelado también se generan recortes de material que no forman parte del futuro bote y que son prensados, para remitirlos de nuevo a fundir y obtener nuevos lingotes de aluminio de calidad.

Continuando con el proceso automático, el vaso o copa obtenido se envía mediante cintas transportadoras a un nuevo equipo, que estira la pieza formando el cuerpo de la lata con su característica forma cilíndrica, aprovechando además para formar el suelo abovedado.

En estas operaciones es necesario aplicar un lubricante específico, por un lado para evitar roturas de la pieza y por otro para que exista una refrigeración de la misma y se disipe el calor generado por la fricción. El lubricante es recirculado y filtrado en un proceso cíclico, hasta que su estado haga aconsejable el cambio del mismo.

La operación realizada a continuación consiste en recortar una parte del borde superior que no ha quedado uniforme mediante una desbastadora. Y esa parte recortada posteriormente se reciclará.

A continuación se pasa a la limpieza de la pieza que contiene partículas del lubricante y otros residuos en una lavadora de alta capacidad en continuo, de hasta 5000 latas al minuto. El proceso de lavado se realiza en varias fases, primeramente con ácido fluorhídrico y posteriormente con agua

caliente a 60°C. Ahora la lata tiene aspecto brillante característico, al haber eliminado una capa que recubría la pieza.

Para secar la pieza utilizamos una secadora en horno de aire caliente con la misma capacidad que la lavadora para tener un proceso continuo. Para facilitar que las latas se deslicen por las cintas transportadoras se imprime una capa de barniz en el borde inferior.

A continuación se realiza un lacado exterior de protección y secado de la pieza, con un doble objetivo, protección del bote y aplicar una base para la futura imprimación de la decoración. Mediante una máquina de impresión rotativa se aporta la imagen corporativa del producto definitiva.

Al igual que en el lacado se realiza un proceso de secado en horno de la imprimación a fin de secar la tinta.

El siguiente paso tiene como objetivo la conformación del cuello de diámetro inferior al del resto del bote. Se requiere un proceso mecánico de hasta 18 fases con un estrechamiento paulatino para evitar roturas o defectos en el acabado final del envase y con acabado en abocardado.

Finalmente se trata la superficie interior de la lata mediante la aplicación de dos capas de barniz al agua que posteriormente se seca con rayos UV. De esta forma, evitamos que las bebidas tengan sabor metálico.

Como todo proceso de fabricación se dispone de un control de calidad y seguridad con medios ópticos y automáticos a fin de eliminar botes con golpes, defectos en el lacado, impresión o en las dimensiones finales.

En caso de que una partida no supere el control de calidad se enviará a reciclar.

Los botes se paletizan y embalan para su envío a otras instalaciones que se encargarán de conformar las tapas del bote, introducir el producto y cerrar el envase listo para su consumo.

Mediante un proceso troquelado y posterior estampado en una bobina de aluminio se da forma a la tapa del bote para que encaje con cierre hermético en el cuerpo cilíndrico. Se remacha la anilla previamente elaborada. Finalmente se rellena el producto a vender y se cierra la tapa.

Podemos ver a continuación una imagen de las diferentes etapas en el proceso de fabricación de un envase de bebida.

Ilustración 38. El Ciclo del bote de aluminio



Fuente: Propia.

ESTUDIO COMPLEMENTARIO DE RECOGIDA DE ENVASES DE ALUMINIO

En 1999 la Asociación para el Reciclado de Productos de Aluminio (ARPAL) perteneciente a la Junta Directiva de Ecoembes y encargada del área dedicada a los envases de aluminio manifestó que las cifras que Ecoembes estaba encontrando de envases de aluminio en sus plantas de selección eran bajas y, consecuentemente, no lograba alcanzar los objetivos marcados por la **Directiva 94/62/CE**, la **Directiva 2004/12/CE**, el **Real Decreto 252/2006** y el **P.N.I.R.**

Se sospechaba que parte de esos envases estaban siendo recuperados a través del sistema tradicional de gestión de chatarras y al margen de la red de contenedores amarillos y plantas de selección que se estaban creando.

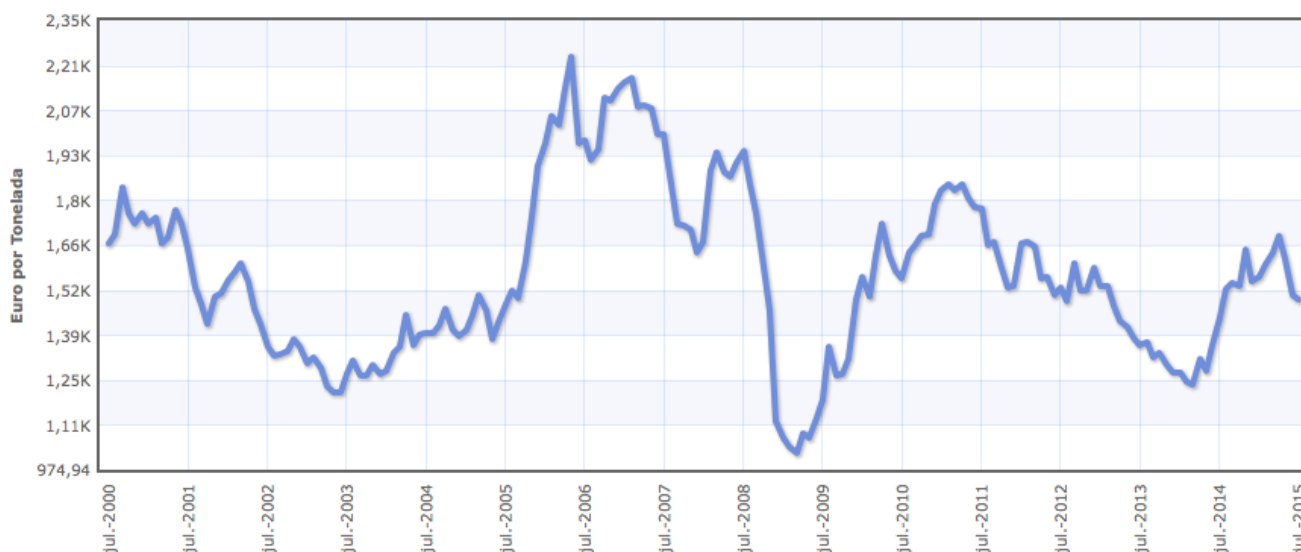
Ecoembes no había hecho un análisis de la situación de la recogida y del mercado de los envases de diferentes materiales antes de su constitución y puesta en marcha y fue sin duda la visión de los propios envasadores la que primó sin tener en cuenta la labor que los recuperadores tradicionales habían venido haciendo en los años anteriores.

Por ello, y como luego se comprobaría gran parte de la gestión de los envases metálicos, que son los de mayor valor económico unitario, es decir los de acero y los de aluminio, habían seguido siendo canalizados a través del sector de la recuperación pues los mismos se veían como fuente de aluminio o acero y no tanto como un envase en si mismo.

No hay que olvidar que el aluminio es con diferencia el material de uso común en los envases con mayor valor económico. Podemos ver a continuación la evolución del valor de la tonelada de aluminio puro (con una pureza del 99,5%) a lo largo de los últimos 15 años. Podremos observar que el valor ha permanecido siempre por encima de los 1000€ la tonelada superando incluso los 2000 y teniendo un precio medio en el entorno de los 1500€.

Fuente: Index mundi. www.indexmundi.com

Ilustración 39. Evolución del precio del aluminio en €/t de 2000 a 2015



Además sus propiedades metálicas hacen que su separación del flujo mezclado de residuos sea sencillo utilizando un inductor magnético por corrientes de Foucault que, como hemos visto, repele los envases de este material. Arpal planteó el problema a la Federación Española de la Recuperación (FER) de la que yo era miembro de la Junta Directiva y se les propuso llevar a cabo un estudio de campo en profundidad que analizase los flujos de los envases de aluminio y pusiese de manifiesto las cantidades de esos envases que se estuviesen recuperando por otras vías fuera del control de Ecoembes.

Así, se acordó la realización de una serie de estudios, que yo tuve la oportunidad de dirigir que les permitieron evaluar las toneladas de aluminio en forma de envases y residuos de envases que anualmente se recuperan

en España a través del conjunto de las empresas que forman el sector de la Recuperación.

A lo largo de estos años se han realizado los estudios correspondientes a los años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013 y 2014.

Como veremos en los apartados siguientes se ha podido analizar en profundidad todo lo relativo al reciclaje de los envases de aluminio así como las vías en las que los mismos se reciclan de forma directa por parte del sector recuperador.

Y se han obtenido resultados muy interesantes que nos permiten profundizar en la propia estructura del sistema detectando algunas de sus carencias y deficiencias.

La Encuesta

Para poder llevar a cabo una recogida de datos suficientes tuvimos que desarrollar un estudio de campo que abarcase toda España y al mayor número posible de plantas de reciclaje para que nos dijese qué cantidad de envases estaban procesando al año. Para que los destinatarios accediesen a entregar los datos hubo que asegurar la confidencialidad de los mismos. En aquel momento se temía que el conocimiento por parte de Ecoembes de que los envases se estaban gestionando fuera de su control pudiese suponer algún tipo de acción.



FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE LA RECUPERACIÓN

C/ Ferraz, 11 – 2º . 28008 MADRID

Tel. 91 224 05 50 - Fax: 91 224 08 81

E-mail: consultas@recuperacion-fer.com – Web: www.recuperacion-fer.com

ENCUESTA SOBRE LA RECUPERACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO

Los datos contenidos en el presente cuestionario son anónimos y como tales sólo se difundirán a nivel agregado por Comunidades Autónomas.

CODIGO

DATOS GENERALES

La empresa es socio de alguna asociación de recuperadores:

FER

GREMI

ARMETAL

FEMEPA

PYMEV

Ninguna

Otras (Especificar): _____

Comunidad Autónoma en la que está ubicada la empresa:

Especificar: _____

Medios de producción con los que cuenta la empresa:

Prensas: Si No Número: _____

Electroimanes: Si No Número: _____

Inductores: Si No Número: _____

Cintas de triaje: Si No Número: _____

Número de empleados:

Menos de 10:

De 10 a 25:

De 26 a 50:

De 51 a 75:

Más de 76:

N.I.F. G-78115854

E-mail: consultas@recuperacion-fer.com - Web: www.recuperacion-fer.com

DATOS NUMERICOS (Salidas de material)

Toneladas anuales de aluminio.....	
Toneladas anuales de aluminio-cacharro.....	

ENVASES DE ALUMINIO

Toneladas anuales de envases de aluminio.....	
---	--

Los siguientes datos se refieren únicamente a las toneladas de envases de aluminio.

Botes (%)	
Aerosoles (%)	
Conservas (%)	
Semirrigidos (%)	
Cápsulas (%)	

Calidades:	
Empaquetado (%)	
Granel (%)	
Otros (%)	

Destinos por tipos:	
Fundición (%)	
Chatarreros (%)	
Otros (%)	

Destinos geográficos:	
A su Comunidad Autónoma (%)	
Al resto de España (%)	
A la exportación (%)	

DATOS NUMERICOS (Entrada de envases de aluminio)

Orígenes por tipo:	
Plantas de Clasificación (%).....	
Chatarreros (%).....	
Grandes Superficies (%).....	
Organismos Públicos (%).....	
Otros (%).....	

Orígenes geográficos:	
De su Municipio (%).....	
De su Comunidad Autónoma (%).....	
De resto de España (%).....	
De importación (%).....	

En la encuesta se hicieron constar algunos datos que podían resultar interesantes a la hora de identificar el tipo de plantas de reciclaje que respondían a la encuesta, como el tipo de maquinaria de que estaba dotada la planta o el número de empleados.

A continuación se pedían las toneladas totales de aluminio que la empresa gestionaba al año (tanto de envases como de otros tipos de aluminio) y las toneladas de la categoría de "aluminio-cacharro". Esta última categoría resultó especialmente importante ya que en ella se detectó que se encontraban el mayor número de envases de aluminio no segregados y mezclados con otros tipos de chatarras de aluminio. Así, como se puede observar en la imagen que aparece a continuación en algunas partidas del llamado "aluminio-cachatarro" el número de envases de aluminio puede ser importante.

Ilustración 40. Ejemplo de partida de Aluminio-Cacharro



Fuente. Propia

Se les preguntaba acerca de los envases de aluminio segregados que habían gestionado el año anterior, la forma en la que los mismos habían llegado (empaquetados o a granel) y el destino que habían dado a esos

materiales tanto desde el punto de vista geográfico como por tipo de planta receptora (fundiciones u otros chatarreros).

Y finalmente se les preguntaba acerca del origen de dichas cantidades de aluminio para evitar duplicidades con las cifras que el propio Ecoembes manejaba. No podemos olvidar que el destino que se da a los paquetes de envases de aluminio seleccionado en las plantas de selección es precisamente plantas de gestión de chatarra como las destinatarias del estudio.

Así, pues, a lo largo de 15 años, de 2000 a 2014 el estudio se ha ido perfeccionando y profundizando de manera que a día de hoy es fundamental para lograr que las cifras que se reportan a Europa sobre los objetivos que marca la Ley sean de cumplimiento de la misma.

DATOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE CAMPO

Categorías de residuos analizados en el estudio

Para poder analizar las cifras expuestas en los estudios, es importante que recalquemos que las mismas se enfocan a aquellas que no están en las bases de datos de **Ecoembes**, por tanto las cifras se refieren a cantidades de envases de aluminio recuperadas en cada uno de los años, que no son importadas, ni provienen de las plantas de selección, ni de plantas de compost o recogida en masa.

De este modo como **envases de aluminio** se incluye la cantidad total de toneladas de envases de aluminio clasificadas como tal en las distintas plantas de recuperación.

También se incluye la cantidad total de toneladas clasificadas como aluminio-cacharro, y el porcentaje de envases en su contenido. En el aluminio-cacharro se engloba a todos aquellos materiales de aluminio que no poseen una referencia independiente (como utensilios viejos de cocina y otros residuos de aluminio, no permitiéndose más de un 2% de otras materias extrañas no metálicas). Dentro de esta clasificación existe un porcentaje en peso de diferentes tipos de envases de aluminio que no han sido diferenciados. En contacto con las diferentes empresas y tras llevar a cabo diversas pruebas de análisis se ha estimado dicho valor porcentual medio en el 13,6 %. De este modo aplicando el porcentaje estimado (13,6 %) a la cifra total de aluminio-cacharro se obtiene la cifra de **envases dentro del aluminio cacharro**.

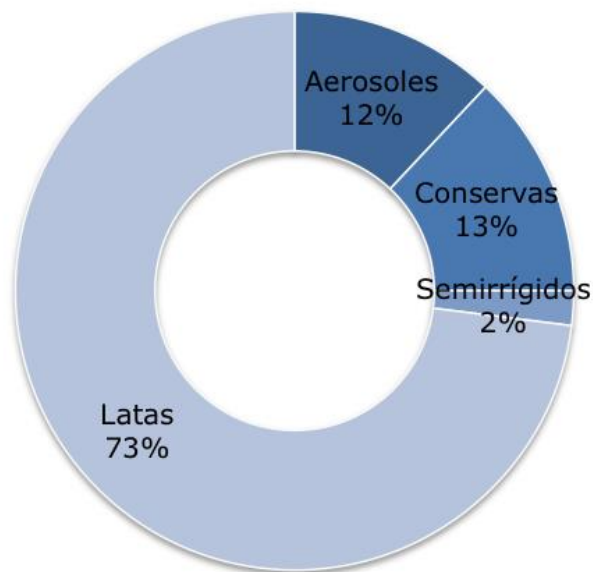
A lo largo de los años que ha durado el estudio, se ha podido identificar que en otras calidades de chatarra de aluminio también aparecen importantes cantidades de envases de aluminio. No obstante, y por un principio de prudencia se decidió que en el estudio sólo constasen las encontradas dentro del aluminio cacharro pues el resto de partidas eran menores, demasiado variables y muy costosas de estimar.

Así, la **cantidad total de envases de aluminio** se calculaba como la suma entre las dos anteriores partidas:

$$\text{Envases} + \% \text{ de envases en aluminio-cacharro} = \text{Cantidad Total de Envases de aluminio}$$

En cada uno de los estudios se ha tenido en cuenta también los datos por tipo de envase. De tal manera que se pudo conocer también la cantidad total desglosada según los diferentes tipos de envases. En el siguiente gráfico se muestra la cantidad encontrada actualmente en el último estudio (2014).

Ilustración 41. Tipos de envases recuperados (año 2014)



Del mismo modo se ha podido comprobar que al tratarse de un material con alto valor económico, puede viajar por toda España y por tanto el origen geográfico desde el que llega a las plantas de reciclado puede ser muy diversos. Inicialmente se pensó que los destinos serían geográficamente próximos pero a lo largo de la elaboración de los estudios se ha comprobado que esto no es así.

Tabla 8. Origen geográfico de los envases de aluminio (2014)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
9%	43%	48%

Del mismo modo el destino que los recuperadores dan a los envases que han tratado en sus plantas es también amplio, dándose incluso el caso de que una parte se exporta. Se ha observado que, en cualquier caso, y siempre siguiendo las leyes del mercado, los envases preparados, que son los que salen de las plantas de reciclaje suelen salir de su comunidad autónoma para ser procesados.

Tabla 9. Destino geográfico de los envases de aluminio (2014)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
22%	77%	1%

Para comprender la diversidad de orígenes y destinos geográficos, conviene insistir en el proceso que siguen los residuos de envases de aluminio desde que se generan hasta que se reciclan.

La mayoría de los sectores industriales constan de varios fabricantes que producen y distribuyen sus productos a una gran cantidad de consumidores finales. En la recuperación y reciclaje de envases de aluminio ya utilizados se organiza un flujo de residuos de envases, con un gran número de "productores" (todos los ciudadanos), que son recuperados por una gran red capilar de pequeños gestores de residuos, los cuales los venden a los recuperadores secundarios, almacenistas de tamaño medio que hacen alguna operación de clasificación adicional. Éstos, a su vez, los venden a los recuperadores/recicladores primarios, industriales con grandes instalaciones e importante tecnología que, básicamente, realizan las operaciones necesarias en el producto para darle las características requeridas por las fundiciones de aluminio; de esta manera, el residuo se convierte en materia prima reciclada, apta para su fusión y nueva

elaboración de productos en todos los formatos que el mercado del aluminio demanda.

Así, se genera, en el sector de la recuperación y reciclaje del envase de aluminio, una vez más, un flujo en forma de "Pirámide Invertida", es decir, muchos productores de residuos (toda la población) y pocos clientes finales (fundiciones/refinadores de aluminio) a través de lo que se conoce como "logística inversa".

Una vez fabricados los semiproductos correspondientes (tal y como se ha explicado anteriormente), se ponen en el mercado para ser transformados en nuevos envases de aluminio o en otros múltiples productos que incorporan así, aluminio reciclado.

Debido a la gran capilaridad de origen, éste es un mercado muy volátil, de poca o nula fidelidad, lo que justifica que las operaciones de recuperación-compra-venta varíen cada de un día para otro sin más justificación que las características del mercado; debe insistirte en que el residuo de envases de aluminio tiene un precio muy alto en comparación con los residuos de los demás envases domésticos, lo que favorece que el mercado se rija sólo por precio y oportunidad. A diferencia de otros materiales que tienen un precio local en función del consumidor que utilice ese material, el precio del aluminio, está indexado con las cotizaciones del London Metal Exchange (LME) y además, por otra parte y como consecuencia de su precio, el aluminio "viaja bien", es decir, la influencia del precio del transporte no suele ser decisoria, por lo que el aluminio se mueve a los distintos destinos con gran facilidad.

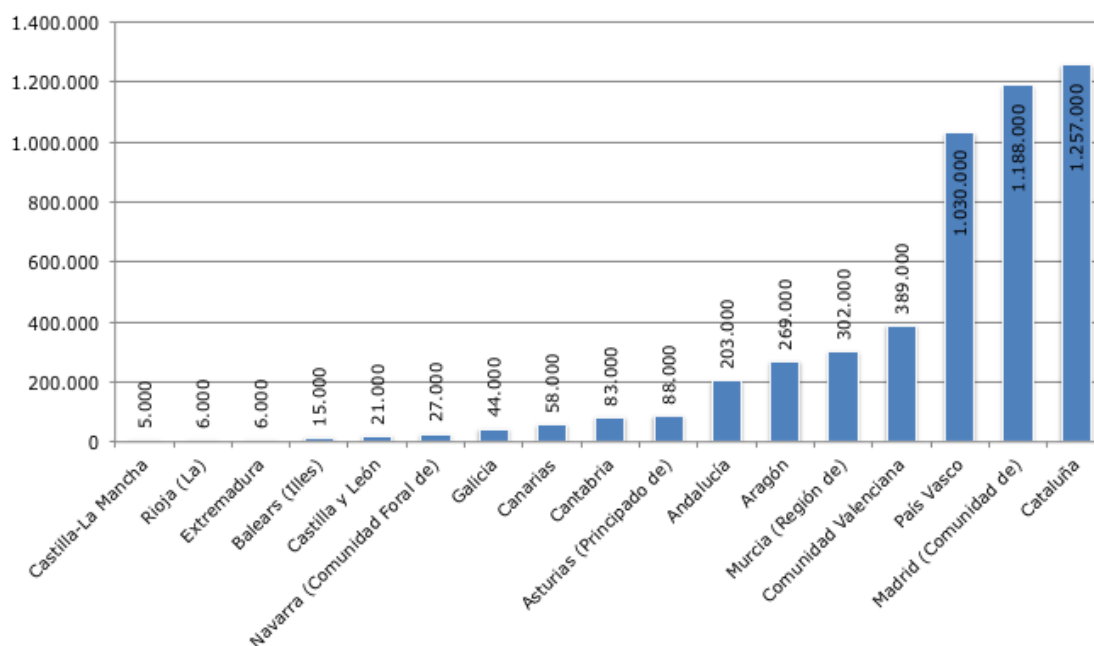
La existencia de instalaciones importantes de recuperadores primarios, de instalaciones de fusión y de fundiciones de productos acabados en una localización determinada, provoca siempre un efecto de atracción sobre el residuo y la materia prima reciclada, lo que justifica una importante variabilidad, año tras año.

Análisis de geográfico y demográfico de los datos

A lo largo de los años se ha ido recabando los envases gestionados a través del sector de la recuperación. Uno de los análisis realizado ha venido siendo el de la ubicación geográfica de los envases detectados a través de las encuestas de cada año.

En 2014 se localizaron casi 5000 toneladas de envases en el sector recuperador (4991 t). Las Comunidades Autónomas con mayor población son evidentemente en las que más cantidad de envases ⁵⁹ fueron detectados.

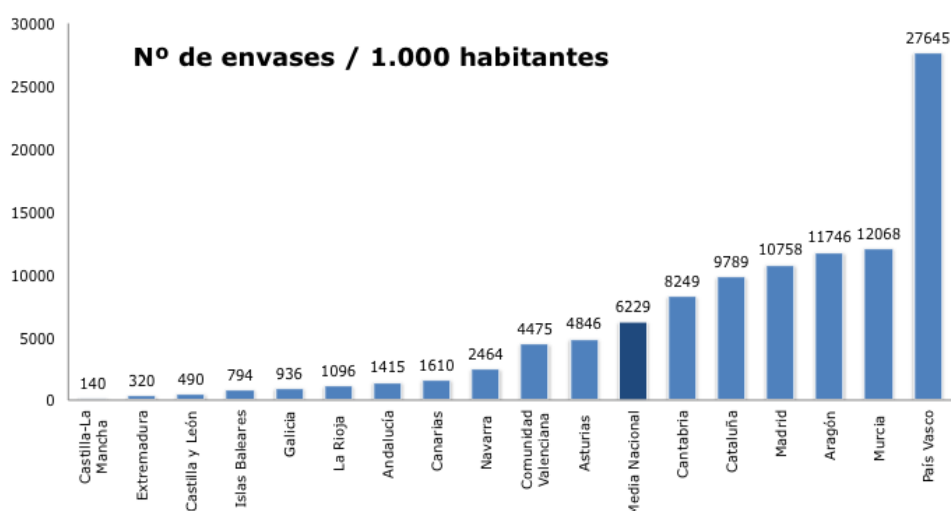
Ilustración 42. Kg de envases detectados en cada CCAA en 2014



Si analizamos dichos datos teniendo en cuenta a la población de dichas comunidades autónomas para poder calcular el ratio por habitante y hacemos los cálculos tomando en consideración las cifras oficiales de población referidas al año 2013 podemos observar el gráfico siguiente:

⁵⁹ Para el cálculo de estos datos, se ha utilizado el peso medio del envase de aluminio (17 gramos) establecido por el Estudio Taylor-Nelson-Sofres de 21 de noviembre de 2000.

Ilustración 43. Envases detectados por 1000 habitantes en 2013



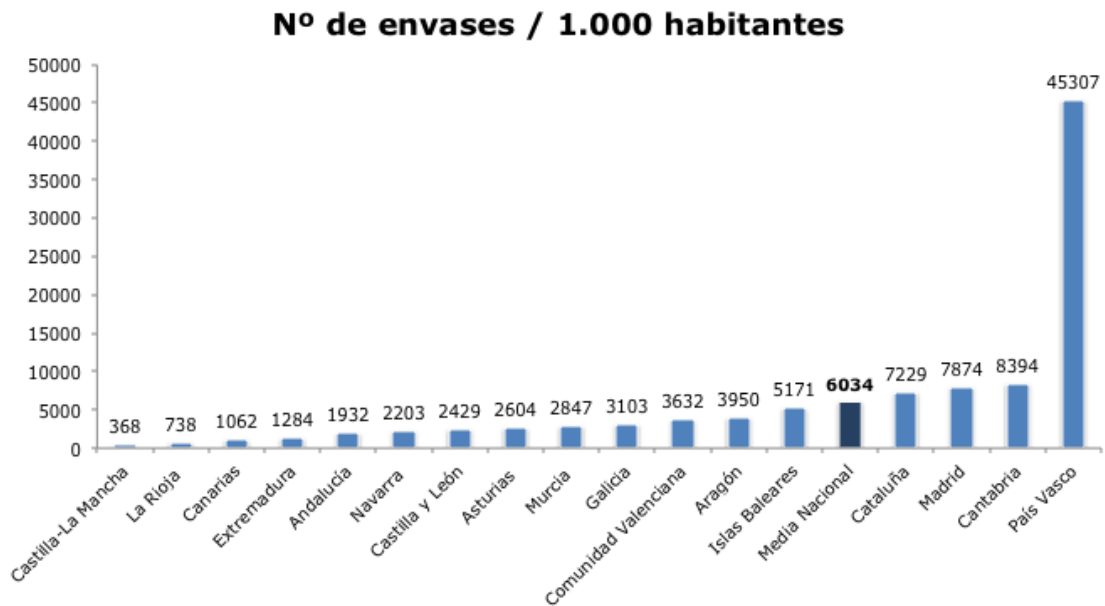
La media nacional, tomando como dato de población el del Instituto Nacional de Estadística a 31 de diciembre de cada año, está en torno a los 6 envases de aluminio por habitante y año.

Destaca especialmente el caso del País Vasco en el que con casi 28 envases recogidos por parte de la recuperación tradicional por cada habitante está muy por encima de la media. Se da la circunstancia de que en muchos municipios del País Vasco se ha instaurado la recogida "puerta por puerta" con lo que no es descartable que haya habido una derivación de parte del material desde el punto de depósito antes de llegar a la planta de selección. No obstante, este es un extremo que no se ha podido probar. Pero merece la pena observar el dato de 2014 en el que el País Vasco prácticamente dobla la tasa de recogida por cada 1000 habitantes como podremos observar en el gráfico siguiente mientras que el resto de Comunidades Autónomas se quedan más no menos en valores similares.

Ilustración 44. Modelo de recogida de envases "puerta a puerta"



Ilustración 45. Envases detectados por 1000 habitantes en 2014



Es de resaltar que el consumo complementario detectado en ambos ejercicios (2013 y 2014) nos lleva a mantener la media en los 6 envases de aluminio por habitante y año.

Resumen final de los datos de los estudios

A continuación, resumimos los datos más relevantes que afectan al propósito de este Estudio, con objeto de poder ofrecer, al final del mismo las cifras totalizadas respecto del reciclado de envases de aluminio y su evolución a lo largo de los 15 años de duración del estudio.

Los datos se agrupan en cuatro fuentes:

- **Plantas de selección de Ecoembes:** Estos datos los tiene la propia Ecoembes y serían propiamente dichos los que provienen de la recogida selectiva a través del llamado "contenedor amarillo).
- **Plantas de Residuos Sólidos Urbanos y Plantas de Compostaje:** Estos datos provendrían de las plantas de basura en masa o del contenedor de "fracción resto" así como de las plantas de

compostaje que tratan de extraer la fracción orgánica de la fracción resto del contenedor de basura no seleccionada.

- **Recogidas complementarias:** Esta recogida proviene de campañas de recogida separada en lugares como estadios de fútbol, eventos culturales, etc.
- **Recogidas por recuperadores tradicionales:** Se trata de las cifras provenientes del estudio llevado a cabo.

La suma de las cifras de cada una de estas fuentes es la cifra total gestionada por España en cuanto a la recuperación de envases se refiere y la que a través del Ministerio de Medio Ambiente y en cumplimiento de la Directiva Europea, nuestro país reporta a Bruselas.

Esta cifra nos sirve para calcular en comparación con las cantidades de envases puestas en el mercado por los envasadores y declaradas por Ecoembes, la tasa de reciclado de envases.

A esta cifra se le debe sumar la de las toneladas de envases de aluminio que han sido incinerados en planta incineradora de residuo y cuya energía calorífica ha sido aprovechada.

El total de esta cantidad y la de envases recuperados nos daría la cifra de Valorización total y por lo tanto nos permitiría calcular la tasa de valorización total de envases de aluminio.

A continuación se recoge el resumen de la evolución del reciclado y valorización de los envases de aluminio desde el año 1999 según los datos informados por Ecoembes al Ministerio de Medio Ambiente y por parte de éste a Bruselas.

Tabla 10. Toneladas de envases de aluminios reportadas a Bruselas

Años	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Tm. Adheridas	45.961	49.113	57.907	64.694	45.656	47.153	50.187	49.986	52.416	41.066	40.584	41.971	47.131	46.184	42.395	48.160
Tm. Recicladas	1.542	5.240	7.668	11.062	11.710	10.427	10.231	12.216	14.145	13.393	13.412	14.819	15.092	16.818	18.025	20.730
Tm. Valorización Total	6.211	12.405	14.391	16.524	16.875	15.292	14.731	16.942	17.640	15.726	15.320	16.769	16.922	18.705	19.833	22.461

Ilustración 46. Toneladas de aluminio reportadas a Bruselas

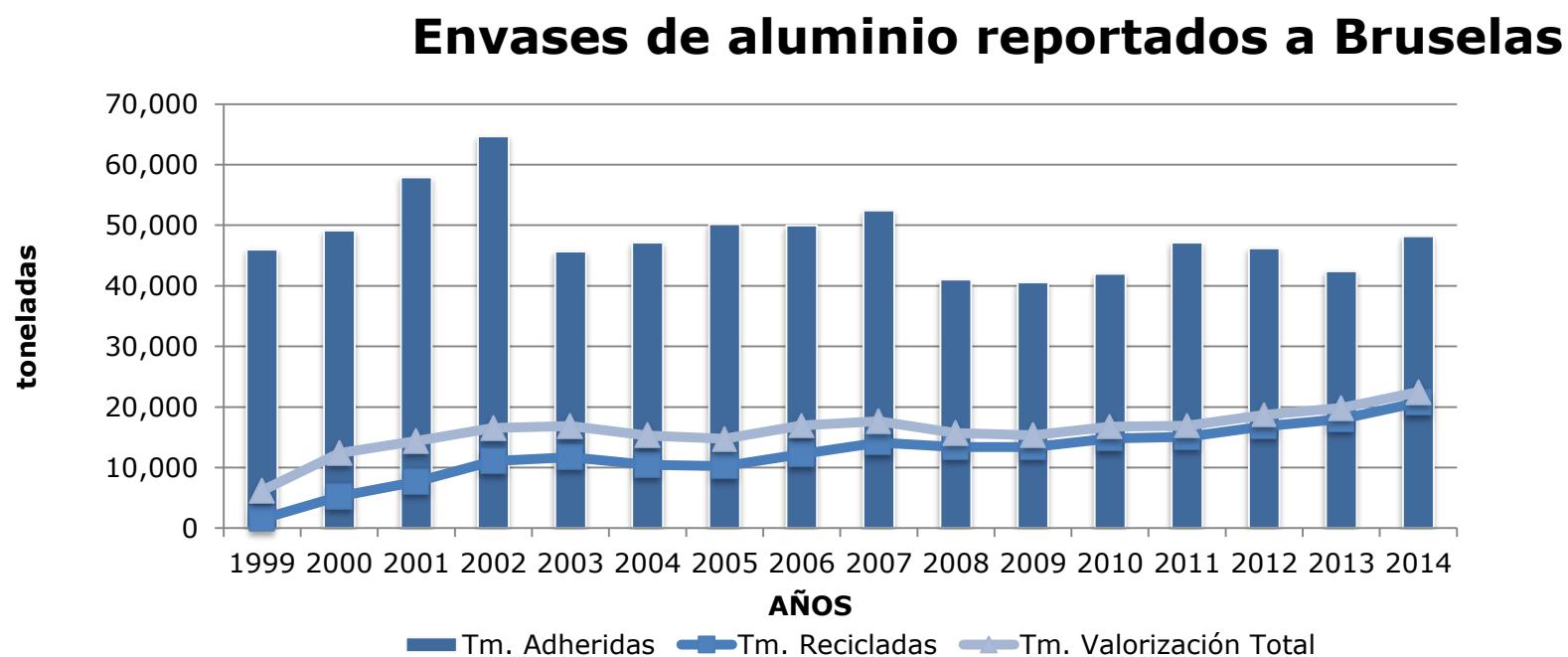


Tabla 11. Porcentaje de envases de aluminios reportadas a Bruselas

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
% Reciclado	3,4	10,7	13,2	17,1	25,6	22,1	20,4	24,4	27,0	32,6	33,0	35,3	32,0	36,4	42,5	43,0
% Valorización energética	10,2	14,6	11,6	8,4	11,3	10,3	9,0	9,5	6,7	5,7	4,7	4,6	3,9	4,1	4,3	3,6
% Valorización total	13,5	25,3	24,9	25,5	37,0	32,4	29,4	33,9	33,7	38,3	37,7	40,0	35,9	40,5	46,8	46,6

Tabla 12. Agregado de la evolución de datos sobre reciclaje de envases de aluminio entre 1999 y 2014

Años	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Tm. Adheridas	45.961	49.113	57.907	64.694	45.656	47.153	50.187	49.986	52.416	41.066	40.584	41.971	47.131	46.184	42.395	48.160
Plantas de Selección		1.132	1.067	1.546	1.218	1.262	1.632	3.219	2.846	2.811	3.450	3.501	3.899	4.698	4.511	4.770
RSU y Compostaje		590	689	1.313	1.295	1.316	1.496	1.413	3.372	1.874	2.831	3.444	3.423	4.171	4.755	6.568
Recogida Complementaria		1.057	1.235	4.103	5.110	4.412	3.345	3.598	3.381	4.096	2.852	3.844	3.829	3.370	3.768	2.288
Recogida Tradicional		2.410	4.677	4.101	4.087	3.437	3.758	3.983	4.545	4.612	4.279	4.030	3.941	4.579	4.991	7.105
Tm. Recicladas	1.542	5.240	7.668	11.063	11.710	10.427	10.231	12.213	14.144	13.393	13.412	14.819	15.092	16.818	18.025	20.731
% Reciclado	3,4%	10,7%	13,2%	17,1%	25,6%	22,1%	20,4%	24,4%	27,0%	32,6%	33,0%	35,3%	32,0%	36,4%	42,5%	43,0%
Tm Valorizadas Energéticamente	4.669	7.165	6.723	5.461	5.165	4.865	4.500	4.729	3.496	2.333	1.908	1.950	1.830	1.887	1.808	1.731
% Valorizado Energéticamente	10,2%	14,6%	11,6%	8,4%	11,3%	10,3%	9,0%	9,5%	6,7%	5,7%	4,7%	4,6%	3,9%	4,1%	4,3%	3,6%
Tm. Valorización Total	6.211	12.405	14.391	16.524	16.875	15.292	14.731	16.942	17.640	15.726	15.320	16.769	16.922	18.705	19.833	22.462
% Valorizado	13,5%	25,3%	24,9%	25,5%	37,0%	32,4%	29,4%	33,9%	33,7%	38,3%	37,7%	40,0%	35,9%	40,5%	46,8%	46,6%

Análisis de los datos

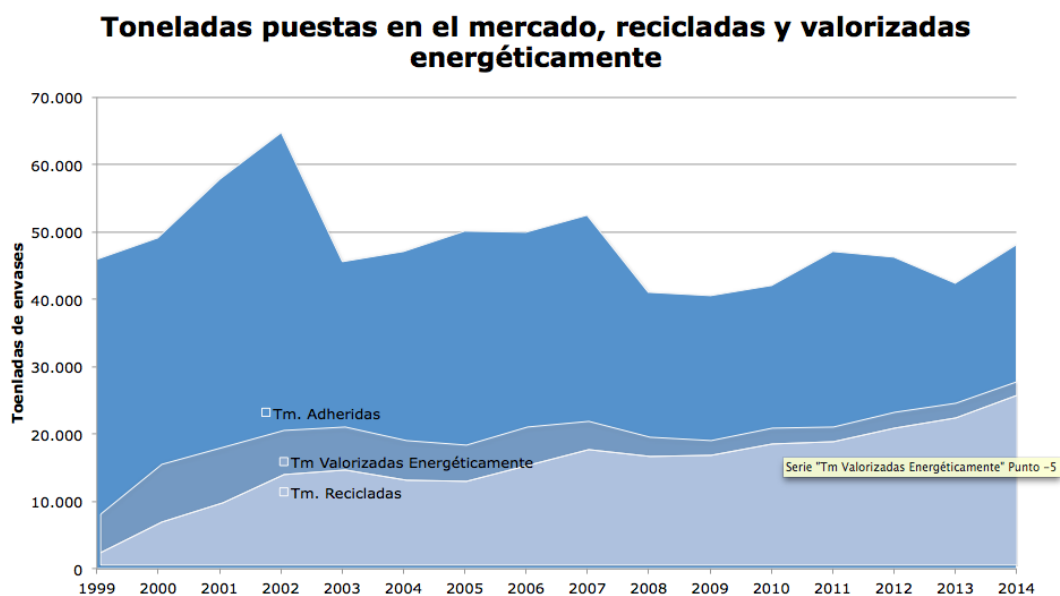
Las tablas 10, 11 y 12 recogen el compendio de los datos de gestión de envases y ha sido preparada partiendo de los datos obtenidos en el estudio llevado a cabo a lo largo de 15 años. Es por tanto la suma que nos permite ver con una perspectiva de 3 lustros la evolución que ha tenido la política de gestión y recogida de envases centrada en los envases de aluminio.

Un análisis pormenorizado de los datos recogidos en dichas tablas nos permite extraer interesantes conclusiones. Así, vemos como a lo largo de los años la cifra de toneladas adheridas, es decir, las que se han comercializado el año anterior han variado estando el año de partida y el de finalización del estudio prácticamente en los mismos valores en torno a las 45.000 toneladas. Es importante reseñar como en los primeros años, hasta 2002 hubo un crecimiento constante que llevó dicha comercialización hasta las casi 65.000 toneladas para luego caer de golpe de nuevo a las 45.000 en 2003. La causa de esta caída no es otra que el cierre de las líneas de envases de aluminio que tenía la empresa Rexam (principal productora de los envases de latas de bebida de CocaCola) pasando a producir envases de acero. El balance entre envases de bebida de acero o aluminio es una opción que depende del país, de los envasadores y del flujo de materiales, de los precios en el mercado de materias primas e incluso de los gustos de los consumidores. Por poner un ejemplo, en Estados Unidos o Canadá, Coca Cola envasa sólo en aluminio.

Podemos observar como la cantidad de envases reciclados, sin embargo, se ha mantenido mucho más constante y con un crecimiento también constante que ha llevado desde 1999 a multiplicar por 13 la cantidad de envases reciclados. Pasando así, de un exiguo 3,4% al 43% del año 2014.

En 2007 se alcanza un nuevo máximo en la cantidad de envases adheridos llegando a 52.416 toneladas pero la crisis económica se hace notar en 2008 con una caída del 20%. Posteriormente los envases de aluminio en el mercado se han ido recuperando poco a poco.

Ilustración 47. Evolución temporal de envases (comercializado vs valorizado)



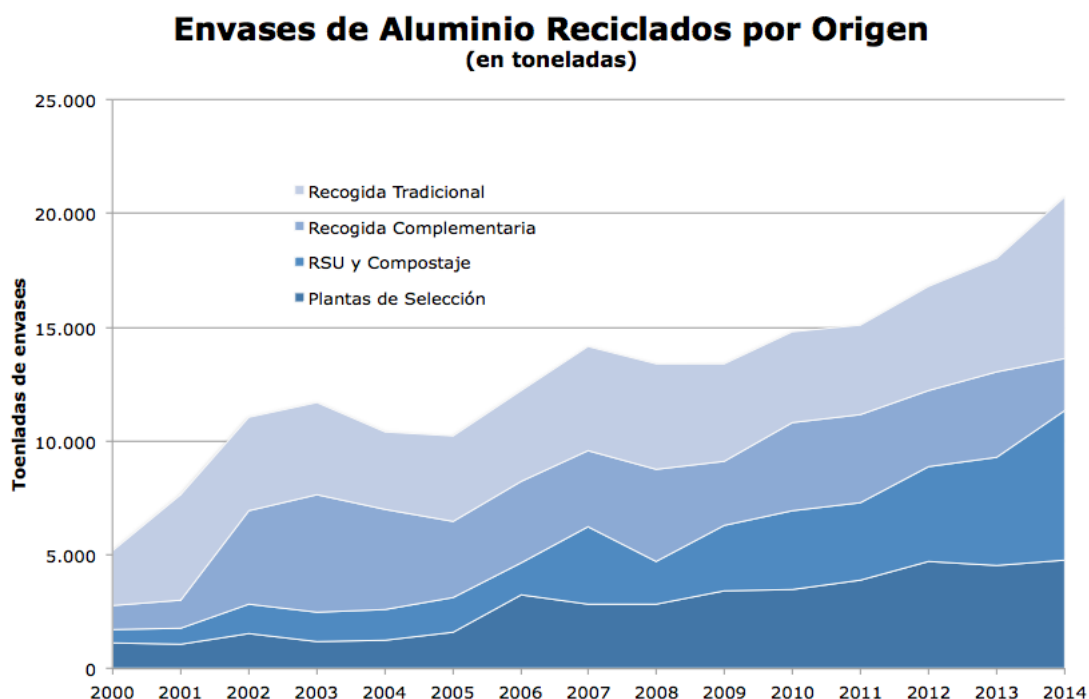
Fuente: elaboración propia

Analizando los datos recogidos en la ilustración 20, podemos ver claramente como mientras que las toneladas potencialmente recuperables casa año han ido fluctuando, las toneladas que se valorizaban mantenían una tendencia clara de aumento año tras año. Por otro lado también podemos ver como el porcentaje de valorización que correspondía a la valorización energética se ha ido reduciendo también sobre todo gracias a la instalación de mejores tecnologías de separación en las plantas incineradoras.

Pero la verdadera dimensión del análisis aparece cuando si pasamos a analizar el desglose de los 4 orígenes diferenciados de las toneladas recicladas:

- Recogida Tradicional.
- Recogida Complementaria
- Recogida en planta de RSU o de Compostaje
- Recogido en Planta de Selección de envases.

Ilustración 48. Envases reciclados por origen



Fuente: elaboración propia

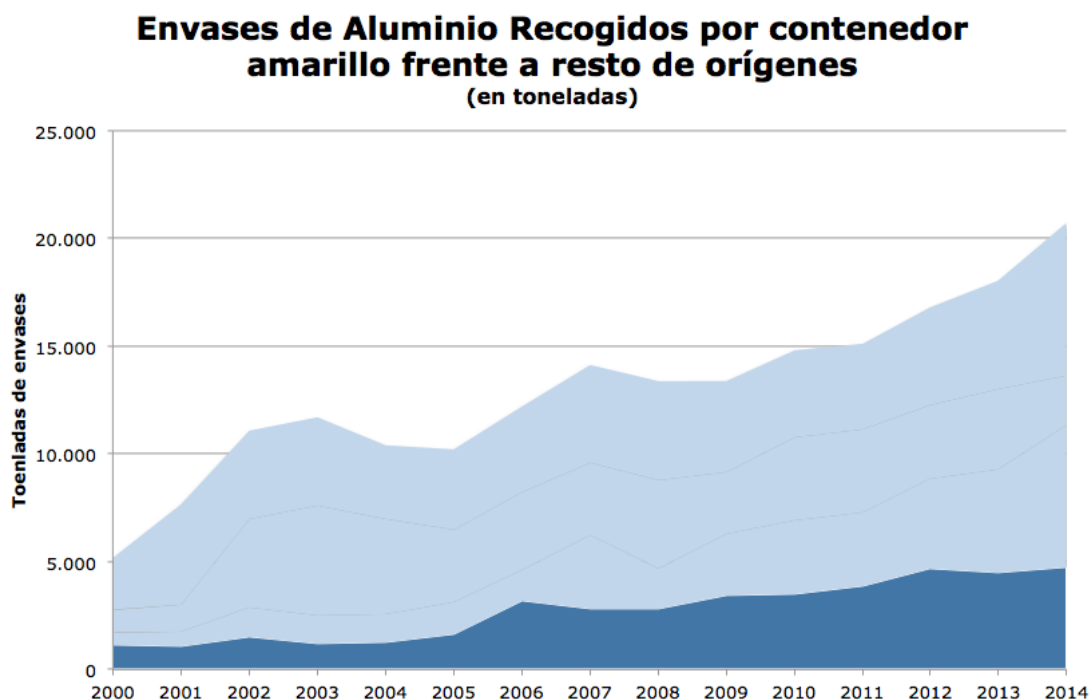
Analizando así, estas cuatro secciones que finalmente nos dan ese sumatorio de Toneladas totales recicladas, veríamos que, salvo lo tocante a la recogida complementaria el resto han ido incrementándose a lo largo de los años. Este decremento de la recogida complementaria se explicaría por el hecho de que la red de contenedores amarillos ha ido incrementándose con lo que muchas de las campañas de recogida que antes se hacían de forma diferenciada, ahora se hacen a través de contenedores amarillos.

Ahora bien, no debemos olvidar que el sistema de recogida de envases separados a través del contenedor amarillo es el que realmente financia el punto verde que se cobra a los envasadores y estos, de un modo u otro, a los consumidores. Por lo tanto deberíamos entender como una deficiencia del sistema el hecho de que un residuo que debe recogerse en un determinado contenedor se acabe gestionando de forma paralela por otra vía.

Viendo los datos de recogida global podríamos decir que se cumplen los objetivos de recogida y reciclaje y en cierto modo darnos por satisfechos del sistema que tenemos implementado en España. Pero como podemos observar en la siguiente gráfica, cuando agrupamos aquellos orígenes que no son el contenedor amarillo y los mostramos junto a la recogida en contenedor amarillo vemos que los datos nos enfrentan a una realidad bien distinta. Se observa una mejora en la cantidad recogida entre 2000 y 2014 en las plantas de selección que multiplica por 4 la cantidad de envases de aluminio recogidos, pasando de las 1.132 t de 2000 a las 4.770 de 2014. Aunque también es cierto que el esfuerzo inversor de Ecoembes ha multiplicado también por 4 el número de contenedores amarillos que estaban en la calle a disposición de los ciudadanos pasando de los 95.200 del año 2000 a los 357.486 del año 2014.

Esto querría decir que los kg de envase por contenedor en 2000 eran 11,8 Kg/por contenedor al año. Y en el año 2014 son 13,3 Kg/por contenedor al año. La mejora en kg de envases recogidos ha sido en ese lapso de tiempo de 12,7%, menos de 1% al año.

Ilustración 49. Aluminio recogido en planta de selección frente a otros orígenes



Fuente: elaboración propia

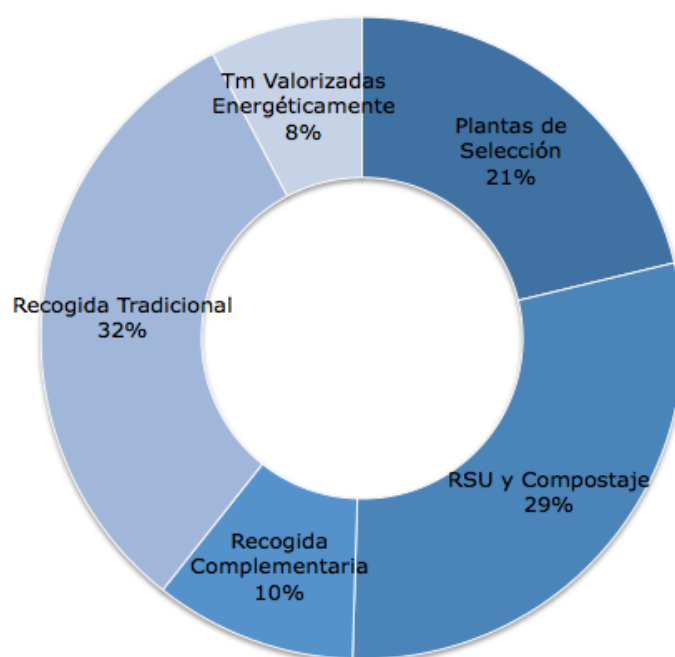
En cambio el resto de partidas (RSU, Compostaje, Complementaria y Recogida tradicional) han aumentado pasando de las 4.057 toneladas de 2000 a las 15.961 toneladas de 2014. Esto supone un aumento del 393% de envases de aluminio recogidos fuera del contenedor amarillo.

Destacan sin duda dos partidas, las correspondientes a la recogida tradicional (que era el centro del estudio que se llevó a cabo) y la recogida en planta de Residuos Sólidos Urbanos y de Compostaje. El hecho de que en las plantas de Residuos Sólidos Urbanos y de Compostaje se recojan más envases de aluminio que en las plantas de selección pone de manifiesto una separación de residuos muy deficiente por parte de los ciudadanos.

Observemos el siguiente gráfico que nos muestra en los datos del último año obtenido, 2013, el porcentaje de cada uno de los flujos de envases de aluminio.

Ilustración 50. Porcentaje de envases valorizados por origen en 2014 en España

% de envases de aluminio recuperados por origen en 2014



Fuente: elaboración propia

El hecho de que tan sólo un 21% de los envases de aluminio se recojan a través de las plantas de selección y por tanto de los contenedores amarillos es un dato que sin duda pone de manifiesto varias cosas:

- Pese a las campañas periódicas llevadas a cabo por Ecoembes para que los ciudadanos separasen en su hogar los envases y los depositasen en el contenedor amarillo destinado a tal efecto, la

calidad de dicha separación en lo tocante a los envases de aluminio no ha mejorado en los últimos 15 años.

- El que se recojan más envases de aluminio en las plantas de residuos en masa (no seleccionados) y de compostaje que en las plantas de selección refuerza la conclusión anterior.
- La recogida a través del canal tradicional del sector recuperador de los envases de aluminio, y por lo tanto sin necesidad de un punto verde alcanza un 32% en 2014 a coste cero mientras que el coste de recogida del 21% de las plantas de selección es ingente.

CAPÍTULO 4. LA GESTIÓN DE LOS VEHÍCULOS AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL COMO MODELO ABIERTO.

"Member States shall take the necessary measures to ensure that the delivery of the vehicle to an authorised treatment facility ... occurs without any cost for the last holder and/or owner as a result of the vehicle's having no or a negative market value".

Artículo 5.4 Directiva 2000/53/EC

INTRODUCCIÓN Y MARCO LEGAL DEL VFU⁶⁰

El Vehículo Fuera de Uso (VFU) se definiría como el vehículo automotor del cual su poseedor se desprende, o del que tenga la intención u obligación de desprenderse.

En los años 80 se puso en marcha en España por parte de las grandes firmas de automóviles una prohibición de venta de repuestos usados lo cual unido a la entrada de España en el Mercado Común, suponía una gran amenaza para el sector del desguace de vehículos usados. Las fabricantes de coches comenzaron a montar una red de centros para evitar que sus propios coches pasaran por los desguaces y para tratar de que fuesen directos a la fundición ya que la venta de piezas de segunda mano representaba una millonaria pérdida en venta de piezas nuevas y querían

⁶⁰ VFU: Vehículo Fuera de Uso

evitarlo. Además las nuevas normativas europeas imponían un mayor control sobre el uso de piezas de segunda mano. El sector del desguace de vehículos en España hacía ya muchos años que se encontraba desarrollado llevando a cabo una actividad de desmontaje de aquellas piezas que eran demandadas por los clientes, las cuales debían ser separadas y guardadas adecuadamente. El resto del vehículo se enviaba a una fundición si bien empezaban a aparecer unas nuevas instalaciones de fragmentación que suponían un paso intermedio lógico pues evitaban que partes no metálicas fuesen al horno de fundición.

Los precios de las piezas se regían por un baremo establecido, donde se podía observar una flexibilidad de acuerdo con las necesidades y disposición del comprador. Aun así, las piezas usadas el hecho de que las piezas usadas costasen la mitad que las nuevas suponía un aliciente importante para un gran número de clientes. De esta forma los desguaces compraban los coches viejos y rentabilizaban esa compra con esta venta de piezas usadas. Existía el riesgo de comprar un vehículo y que una vez en el desguace se viese que no era posible recuperar ninguna pieza, pero, a pesar de esto, casi nunca se perdía dinero pues el precio pagado por el automóvil era recuperable al mandarlo a fundir como chatarra. En muchas ocasiones los vehículos a los que se había extraído las piezas reutilizables se acumulaban durante años en los desguaces a modo de "seguro" dando origen al término de "cementeros de coches".

En los años 80 no existía una especial atención a las cuestiones ambientales ni nadie se preocupaba por que se alcanzasen unas u otras tasas de reciclado o valorización de los vehículos.

A comienzos de las década de los 90 en la Unión Europea se comienza a ver el problema de la gestión del reciclaje de los vehículos como un problema potencial. En 1994 Europa daba de baja anualmente a 13 millones de

vehículos de los que 700.000 correspondían a España. En los países del norte de Europa comienza a haber un problema de saturación de los lugares disponibles como depósito de residuos por lo que se considera urgente tomar una resolución. De este modo se empezó a discutir una Directiva que garantizase entre otros objetivos que los vehículos al final de su vida útil fuesen tratados de una forma medioambientalmente correcta y se redujeran gradualmente las cantidades de residuos que acababan en los vertederos. Los sectores más implicados en la cadena de tratamiento de los vehículos al final de su vida útil; desguazadores, fabricantes, importadores y fragmentadores de vehículos tomaron conciencia de este reto y a través de sus respectivas asociaciones AEDRA ⁶¹, ANFAC ⁶², ANIACAM ⁶³ y FER ⁶⁴ comenzaron a trabajar en distintas iniciativas.

A lo largo de 1993 se lleva cabo con el apoyo de ANFAC y FER y la empresa REYFRA una prueba piloto ⁶⁵ de descontaminación y reciclaje de 2000 vehículos de todas las marcas. Los objetivos que se fijaron en esa primera experiencia fueron los siguientes:

1. Sensibilizar a las partes implicadas (administración, fabricantes, usuarios y desguazadores) sobre la importancia de la descontaminación y reciclaje pormenorizado de los vehículos.
2. Divulgar los resultados obtenidos.
3. Obtención de una primera aproximación sobre la problemática de un centro de reciclaje de vehículos analizando la viabilidad de esta actividad y obteniendo datos técnicos del proceso.

⁶¹ AEDRA: Asociación Española de Desguazadores y Reciclaje del Automovil

⁶² ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones

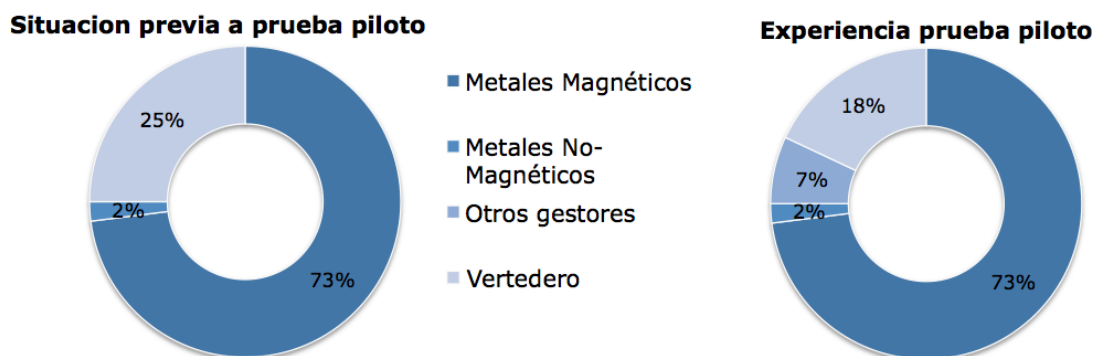
⁶³ ANIACAM: Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas.

⁶⁴ FER: Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje.

⁶⁵ Rodríguez A et Al. "30 Años Reciclando". FER 2003. Pg. 86-97

Antes de la prueba piloto el tratamiento de un vehículo arrojaba cifras muy pobres de reciclado.

Ilustración 51. Porcentajes del VFU antes y después de Experiencia Piloto



Fuente: REYFRA

Como observamos en el gráfico anterior, el tratamiento tradicional ignoraba cualquier fracción del vehículo que no fuese metálica enviando un 25% del vehículo a vertedero. La prueba piloto logro reducir en un 7% el peso de los vertidos generados por los vehículos enviando fracciones separadas a otros gestores. Se observó que el proceso de los vehículos siguiendo la metodología de tratamiento y descontaminación previa suponía una serie de ventajas importantes:

1. La fracción enviada a vertedero estaba libre de otros contaminantes como aceites e hidrocarburos.
2. Las plantas fragmentadoras trabajaban sin riesgo de explosiones en sus maquinarias ya que, por ejemplo, los depósitos de combustible de los vehículos que pasaban a fragmentarse se encontraban vacíos y por lo tanto no eran susceptibles de estallar cuando uno de los martillos del molino les golpeaba.
3. Se reducía la cantidad de basura a enviar a vertedero.
4. Al no procesar basura la máquina aumentaba su rendimiento.

Esta prueba piloto sobre reciclaje de vehículos fuera de uso (VFU) fue la primera en España en muchos aspectos; por un lado fue la primera en englobar a todos los fabricantes de vehículos europeos y también fue la primera en demostrar los elementos positivos que la colaboración entre fabricantes y recicladores podía suponer. Ambos hechos eran únicos no sólo en España, sino también en toda Europa.

La experiencia piloto demostró que retirar los elementos contaminantes de los vehículos como líquidos, baterías, etc, no era extremadamente complicado, no era costoso y conllevaba beneficios colaterales importantes. Además puso en evidencia la urgente necesidad de comenzar a regular la última fase de vida del vehículo tanto desde el punto de vista legal como de creación de una red que gestionase los residuos generados por éstos al final de su vida útil.

Todos estos trabajos previos culminaron con la firma de un Acuerdo Marco suscrito el 6 de enero de 1996 con las Secretarías de Estado de Medio Ambiente y de Industria así como con otras asociaciones.

Los fabricantes se comprometieron a integrar cada vez más piezas de origen reciclado en sus nuevos vehículos, a tender a una estandarización de las piezas potencialmente reutilizables, a buscar la colaboración entre fabricantes y proveedores y a diseñar sus nuevos vehículos de manera que los mismos no generasen residuos finales que superasen el 10% en peso del total del vehículo.

Por su parte el sector del desguace, la recuperación y la fragmentación se comprometieron a tratar de recuperar el mayor porcentaje de materiales y a hacer una descontaminación adecuada de los VFU, a seguir las legislaciones establecidas, a tomar en cuenta las especificaciones técnicas

de los fabricantes e importadores y a realizar la difusión de información que facilitase el reciclado entre sus integrantes.

Los concesionarios de las marcas se comprometieron a entregar los VFU recibidos cuando vendían un coche nuevo a desguaces autorizados que cumpliesen con la legislación y a informar de ello a sus clientes propietarios de vehículos tanto nuevos como usados.

Finalmente la administración, representada por los ministerios de Industria y Medio Ambiente asumieron la responsabilidad de sensibilizar a los propietarios de vehículos sobre la importancia que tenía el que el sector del desguace y el reciclaje de vehículos se hiciese cargo de su vehículo. Así mismo, prometieron establecer medidas complementarias que garantizaran el buen funcionamiento de todo el proceso.

A partir de ese momento se constituyeron 4 grupos de trabajo con la Administración del Estado, representantes de las distintas Comunidades Autónomas y sectores implicados en la fabricación y reciclaje de los vehículos para analizar la situación existente y buscar las soluciones más adecuadas:

1. Grupo de Bajas administrativas.
2. Grupo de Regularización y desguaces.
3. Grupo técnico.
4. Grupo de Marco legal.

Cada grupo de trabajo tenía un secretario y sus reuniones se mantenían según las necesidades planteadas en cada momento. No podemos olvidar que en aquel momento no existía una norma que regulase el reciclaje y la gestión de los VFUs.

Las principales conclusiones que se alcanzaron respecto a la situación en que se encontraba el sector del desguace en España fueron las siguientes:

- En España existían unos 3500 asentamientos de vehículos fuera de uso en muchos casos en situación muy deficiente. La mayoría de ellos eran simplemente *cementerios de coches* con una imagen social muy negativa.
- De esos 3500 se observó que apenas 700 realizaban una actividad profesional de desguace.
- Existía una carencia importante de instalaciones en condiciones adecuadas para atender al parque móvil existente en el sector del desguace.
- En cuanto al sector de la fragmentación la situación era menos preocupante ya que desarrollaban una actividad industrial con capacidad suficiente para el número de vehículos que debían tratarse en España aunque siempre fuese posible mejorar desde el punto de vista medioambiental.

Era necesario reconducir la situación, así, que un buen número de empresas con visión de futuro agrupados alrededor de la asociación AEDRA proclamó un compromiso formal con el medio ambiente y su voluntad de llevar a cabo la reconversión necesaria para cumplir con las nuevas obligaciones. Así, partiendo del proyecto de condiciones mínimas para instalaciones de desguace que elaboró la empresa ATISAE, un gran número de desguaces (más de un centenar) se reformaron, homologaron y certificaron voluntariamente y con recursos propios. Esta iniciativa tuvo una gran acogida por parte de los fabricantes e importadores de vehículos así como por los fragmentadores que, a través de sus asociaciones patronales, ofrecieron todos su apoyo para que el proceso de reconversión del sector culminara con éxito pues veían abierta la posibilidad de que el cumplimiento de la RAP se llevase a cabo de forma autónoma y sin la necesidad de constituir un organismo que tuviese que cobrar una tasa a los compradores

de vehículos. Si los desguaces asumían el reto de llevar a cabo la descontaminación de los vehículos con cargo a sus propios márgenes de negocios (ganados en parte dada la reducción del número de instalaciones) una posibilidad alternativa iba cobrando forma.

La aprobación de la **Directiva 2000/53/CE** de septiembre de 2000⁶⁶, relativa a los vehículos al final de su vida útil marca un punto de inflexión que impone una serie de requisitos y objetivos de reciclaje y valorización a la gestión de los VFU.

Antes incluso de que se transpusiese dicha Directiva al ordenamiento español, todos los sectores junto con la Administración Central y las Comunidades Autónomas elaboraron la norma UNE. 26470⁶⁷ que sirviera como un punto de referencia válido para la nueva normativa en ciernes.

Por su parte las empresas de fragmentación llevaron a cabo también la modernización de sus instalaciones adoptando nuevas medidas de seguridad y medio ambiente como la panelación de instalaciones o la instalación de pórticos de control radiológico de cara a mejorar su gestión y relación con el entorno.

Además de estas acciones entre los años 1993 y 2002 los 4 sectores (fabricantes, importadores, desguazadores y fragmentadores) llevaron a cabo múltiples proyectos de investigación enmarcados dentro de los programas PYTMA, ATYCA y PROFIT del Ministerio de Ciencia y Tecnología dirigidos a dar cumplimiento a varias de las nuevas exigencias establecidas en la Directiva. Entre otros aspectos con estos proyectos se obtuvo

⁶⁶ Directiva 2000/53/CE de septiembre de 2000. Diario Oficial nº L 269 de 21/10/2000 p. 0034 - 0043

⁶⁷ Norma UNE 26470:2002 de Vehículos de Carretera. Instalaciones de tratamiento de vehículos al final de su vida útil. Especificaciones técnicas de las instalaciones. AENOR

información sobre el reciclado de aquellos elementos del automóvil que hasta la fecha no se estaban recuperando, como los vidrios, los plásticos y los catalizadores de los vehículos, así como sobre la posible valorización energética del residuo ligero de fragmentación y los neumáticos.

Toda esta estrecha colaboración entre los sectores desembocó en la constitución el 25 de abril de 2002, y después de un año de trabajos previos, de la **Asociación Española para el Tratamiento Medioambiental de los Vehículos Fuera de Uso (SIGRAUTO)** de la que forman parte AEDRA, FER, ANIACAM y ANFAC. SIGRAUTO, pese a su nombre no se crea como un Sistema Integrado de Gestión (SIG) al uso de Ecoembes, sino como una asociación. Se constituye como un foro permanente en el que fabricantes, importadores, fragmentadores y desguaces de automóviles analizan los problemas existentes buscando las soluciones más adecuadas y tratando de proporcionar a sus asociados los instrumentos necesarios para que puedan cumplir sus nuevas obligaciones medioambientales.

Ilustración 52. Logotipo SIGRAUTO



SIGRAUTO basa sus actividades en la libre competencia de todas las empresas en el mercado de tal manera que cualquiera que reúna los requisitos exigidos pueda participar. El sistema se basa en la iniciativa privada y en el valor marginal del vehículo fuera de uso evitando que la

sociedad tenga que dedicar importantes recursos en actividades que pueden desarrollar empresas privadas en un mercado de libre competencia.

La transposición de la Directiva 2000/53/CE a través del **Real Decreto 1383/2002** del 20 de diciembre de 2002 ⁶⁸ tiene lugar de manera consensuada y habiendo trabajado conjuntamente los sectores afectados y el gobierno durante más de 10 años. Este trabajo anticipado permitió que el aterrizaje de la nueva norma fuera mucho más suave que otras normas similares que establecían la RAP.

No obstante, tras la publicación del Real Decreto en España, SIGRAUTO ha llevado a cabo importantes y decisivas actuaciones entre las que cabe destacar:

- Haber propiciado la firma el 24 de noviembre de 2003 de un nuevo acuerdo entre los sectores en el que se renovaban, ya bajo el paraguas de la nueva norma, los compromisos adquiridos en el año 1996 y con el que los sectores adoptaban el compromiso de poner a disposición de los usuarios una red concertada de Centros Autorizados de Tratamiento (CAT) suficientemente amplia y bien distribuida de forma que el usuario pueda desprenderse de su vehículo fácilmente y que dará cumplimiento al resto de las disposiciones del Real Decreto.
- Haber llegado a un acuerdo con más de 500 CAT autorizados para asegurar una red suficiente que garantice la recepción y correcto tratamiento de los VFU.
- Existencia de un compromiso de todos los integrantes de SIGRAUTO de respeto de la cadena de tratamiento de los VFU que supone el

⁶⁸ Real Decreto 1383/2002 del 20 de diciembre de 2002. BOE del viernes 3 de enero de 2003. p 185-191

flujo de automóviles desde los fabricantes e importadores a los usuarios, de estos a los desguaces reconvertidos en Centros Autorizados de Tratamiento (CAT) y posteriormente a las empresas de fragmentación que aseguran que todas las operaciones se realicen con la máxima profesionalidad y rentabilidad.

Resultó fundamental para que el nuevo sistema funcionase que el usuario estuviese obligado a entregar el VFU a un CAT si quería dar de baja al mismo y, consecuentemente, dejar de pagar el Impuesto de Circulación. Así, en materia de bajas administrativas la **Orden Ministerial 249/2004**⁶⁹ de 5 de febrero de 2004 implantó el Certificado de Destrucción que sólo expedían los CAT y que resultaba un requisito imprescindible para poder tramitar la baja. En cualquier caso, SIGRAUTO ha tratado con la Administración para la búsqueda de soluciones a los problemas que lógicamente se produjeron al implantar el nuevo sistema de baja telemática de los vehículos que junto con el certificado de destrucción mencionado llevaban a cabo los propios CAT. Esto requirió un gran esfuerzo de modernización informática en los CAT así como de formación de su personal.

De esta forma hoy en día y tras la reconversión completa del sector del desguace de vehículos España cuenta con una red suficiente de centros de tratamiento que, bajo leyes de mercado y tomando como base de financiación el valor residual positivo del vehículo, aseguran un tratamiento medioambiental correcto de los mismos.

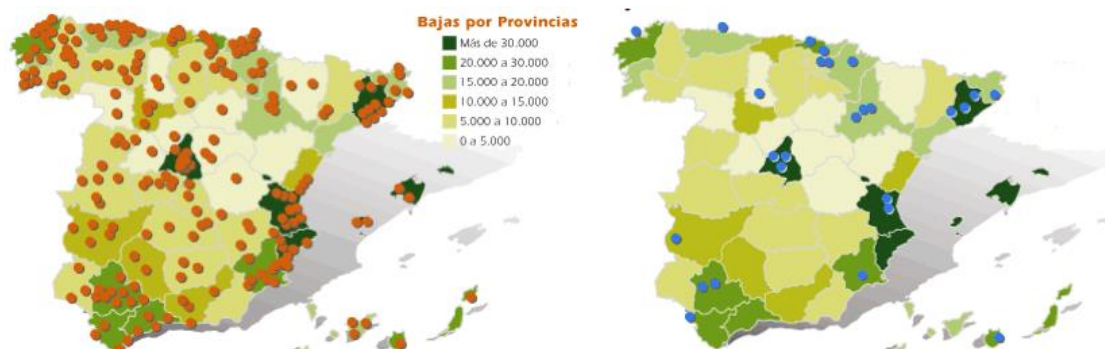
⁶⁹ Orden INT/249/2004, de 5 de febrero por la que se regula la baja definitiva de los vehículos descontaminados al final de su vida útil. BOE num. 37 de 12 de febrero de 2004. p 6352-6357

De los más de 3000 centros de desguace que se calcula había en España en 1999 dos tercios no pudieron superar el proceso de reconversión ante su imposibilidad manifiesta para cumplir la nueva normativa. Esta reducción del sector impulsó el modelo promulgado por Sigrauto pues los desguaces que se reconvertían en CAT vieron ampliado su mercado potencial de vehículos para desguazar y aceptaron cubrir los costes de la descontaminación de los vehículos que exigía el Real Decreto 1383/2002 con cargo a sus propias cuentas de resultados.

Así, en enero de 2015 SIGRAUTO contaba con una red concertada de 518 CATs y con 29 plantas fragmentadoras con lo que se asegura la cobertura total de la geografía española y que los vehículos que se dan de baja puedan y deban ser entregados en una planta autorizada para que se pueda proceder a su tratamiento. Todo, ello, obviamente y tal y como marca la norma sin que suponga un coste para el último poseedor y financiado por el valor residual del vehículo.

Como puede verse en los mapas que aparecen a continuación tanto la red de centros como de fragmentadoras se ha distribuido de forma natural y siguiendo leyes de mercado en virtud de la concentración de vehículos que se dan de baja.

Ilustración 53. Distribución de CAT (naranja) y Fragmentadoras (Azul) en España (2014)



Fuente: Sigrauto

Finalmente existe una red de centros de postfragmentación que tratan parte de los materiales que salen de las plantas de fragmentación. En España actualmente hay 10 plantas de este tipo y su papel es muy importante en el proceso de tratamiento y recuperación de los materiales contenidos en los vehículos al final de su vida útil, ya que en los residuos generados tras la fragmentación aun existe un porcentaje no desdeñable de materiales tanto metálicos como no metálicos que de ser adecuadamente separados tienen un valor positivo en el mercado. Tanto las plantas fragmentadoras como de postfragmentación están asociadas en la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER).

Desde el 1 de mayo de 2008, y según lo estipulado en la **Orden Ministerial 624/2008**⁷⁰, la tramitación de la baja definitiva de los vehículos afectados por el Real Decreto 1383/2002 (turismos e industriales de menos de 3.500 Kg) sólo puede llevarse a cabo en los Centros Autorizados de Tratamiento (en adelante CAT) y sólo tras el certificado de destrucción que estos mismos centros emiten. Este cambio frente a la Orden 249/2004 se debe a algunos casos de fraude en los que se daba de baja un vehículo pero no se procedía a su destrucción. Así, esta orden sustituye y termina de perfeccionar a la anterior.

Los CAT dan cumplimiento junto con el usuario, con la solicitud de baja del vehículo y el certificado de destrucción (el usuario debe quedarse con una copia de este documento) y tramitan directamente la baja con la Jefatura Provincial de Tráfico correspondiente, evitando que el usuario tenga que desplazarse posteriormente.

⁷⁰ ORDEN INT/624/2008, de 26 de febrero, por la que se regula la baja electrónica de los vehículos descontaminados al final de su vida útil. BOE 60 de 10 de marzo de 2008. P 14249 - 14253

La baja de vehículos no afectados por el Real Decreto 1383/2002 (fundamentalmente motos y comerciales de más de 3.500 kg) es de tramitación voluntaria en un CAT.

Además los CAT emiten para estos vehículos un nuevo "Certificado de Tratamiento Medioambiental" que evita el pago de la tasa de la baja para estos vehículos.

Además sólo si el último propietario entrega el vehículo en un CAT puede dar la baja al mismo y dejar, consiguientemente, de pagar el impuesto de circulación municipal. Así, se evita en gran medida el problema que existía con los vehículos que eran abandonados.

Para tramitar la baja definitiva de un vehículo es necesario entregarlo en un Centro Autorizado de Tratamiento junto con la siguiente documentación:

1. La tarjeta de inspección técnica.
2. El permiso de circulación.
3. Fotocopia del DNI
4. Solicitud de baja definitiva de vehículos

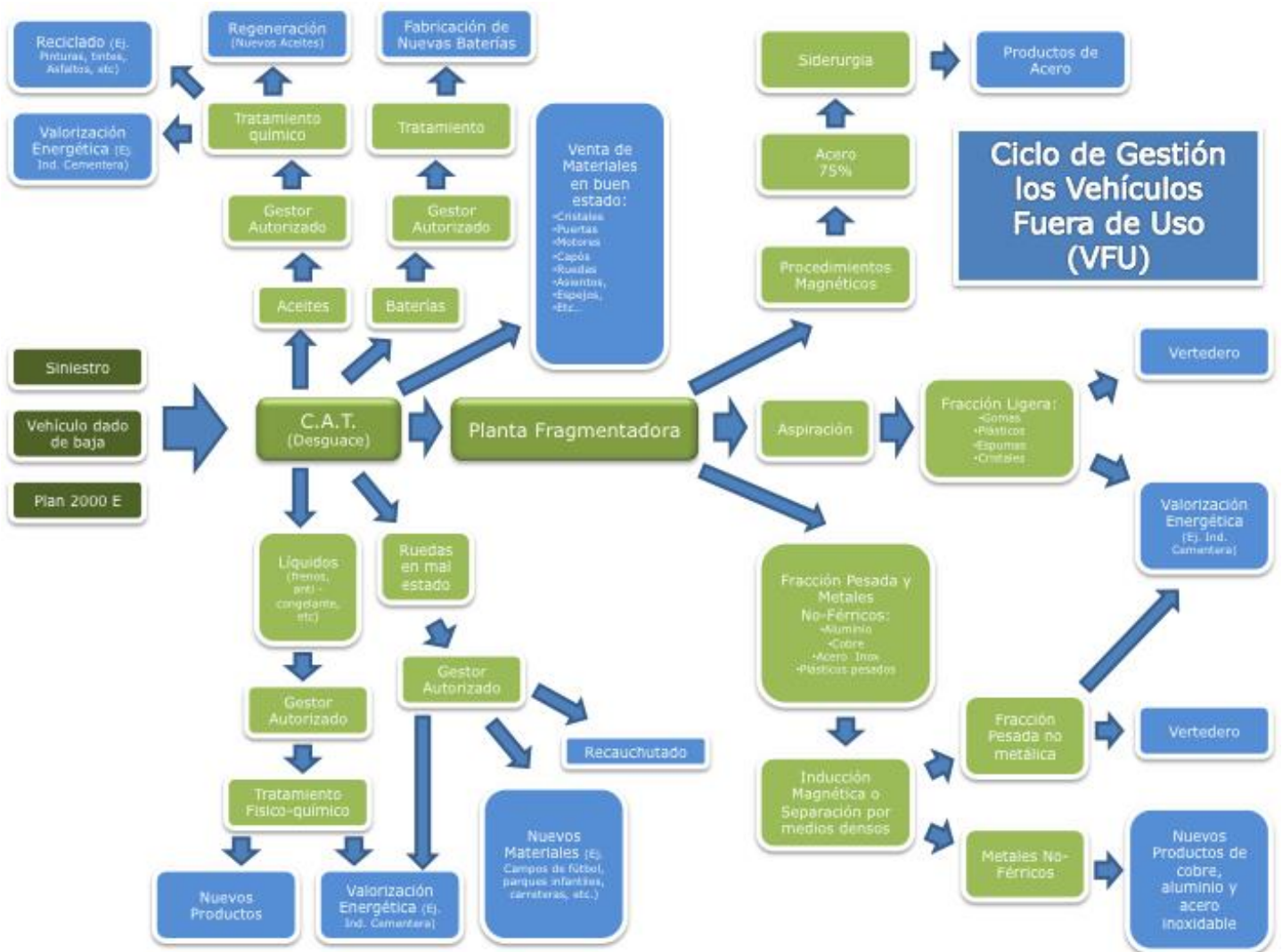
TRATAMIENTO DE LOS VEHÍCULOS FUERA DE USO

De forma resumida el tratamiento de un vehículo al final de su vida útil consiste en lo siguiente:

1. El CAT recibe un vehículo y tras realizar las comprobaciones administrativas de que el vehículo puede darse de baja lleva a cabo la baja. Normalmente, dependiendo del aprovechamiento potencial del vehículo en piezas de segunda mano, paga una cantidad al último propietario. Dicho importe suele estar entre los 150 y 300€.
2. A continuación se procede a la descontaminación del mismo mediante la extracción de los residuos peligrosos. Es decir, se extraen y almacenan todos los líquidos, fluidos y materiales considerados como peligrosos como el combustible, el anticongelante, la batería, el aceite de motor y otros.
3. Una vez que el vehículo se ha descontaminado se le retiran aquellos componentes y piezas susceptibles de ser reutilizados.
4. A continuación se envía, normalmente compactado, a una planta fragmentadora en la que el vehículo es triturado por molinos de martillos y reducido a pedazos de entre 15 y 30 cm. En el proceso de fragmentación una serie de corrientes magnéticas separan la parte metálica (tanto férrica como no férrica) de la parte no metálica.
5. Las distintas fracciones son enviadas a plantas consumidoras de dichas materias primas como las siderurgias y las metalurgias.

En los siguientes esquemas se muestra el proceso de gestión completa de un vehículo Fuera de Uso (VFU) desde su entrega al CAT por parte del último propietario del mismo hasta que se ha completado el proceso de descontaminación, recuperación de piezas, fragmentación y envío de los distintos materiales a las industrias que los consumen. De esta forma y como veremos a continuación se ha ido limitando la cantidad de materiales que no son reutilizados, reciclados o valorizados energéticamente y deben ir a eliminación por depósito en vertedero autorizado.

Ilustración 54. Ciclo esquemático de gestión del VFU



RECICLAJE DE VEHÍCULOS FUERA DE USO

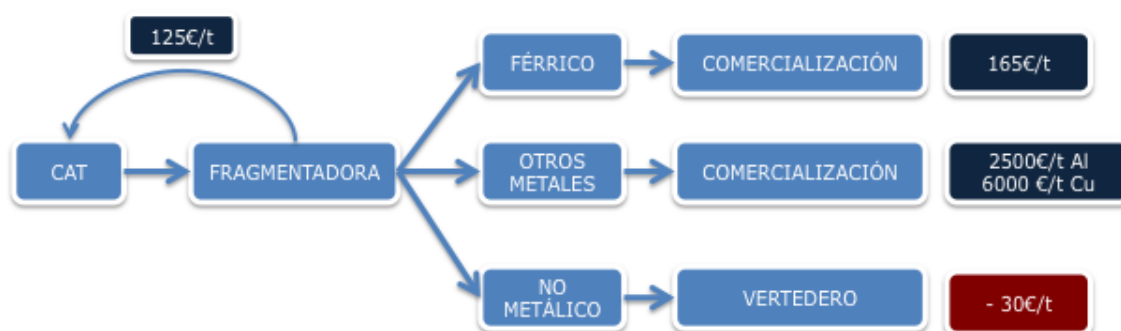


En resumen tenemos que:

1. Una vez que los vehículos llegan al CAT se inicia una cadena de trabajo sobre los automóviles, al mismo tiempo que surgen diferentes oportunidades de negocio para cada uno de los intermediarios del proceso. Se recuperan piezas que pueden ser vendidas individualmente, como los neumáticos si están poco gastados, retrovisores o algunas piezas de motor que, son piezas que luego se venden en el mismo CAT o a través de las redes de distribución existentes a los talleres de reparación de vehículos.
2. Los componentes del automóvil no son el único ingreso de los desguaces, ya que después, tras la descontaminación de los vehículos -eliminando los aceites y combustibles peligrosos junto a las baterías, el líquido de frenos y los airbags- se compactan los restos del coche para venderlos a una planta fragmentadora.
3. Una vez separados los elementos, la planta fragmentadora vende el acero a empresas siderúrgicas, mientras que los otros materiales son comprados por plantas de medios densos, donde se separan el resto de metales (aluminios y cobres principalmente), que son enviados a su vez a las fundiciones y a la industria metalúrgica.

Así pues, aunque según la legislación el CAT no puede cobrar al último propietario del vehículo cuando lo deposita en su instalación ni por el coste de tratamiento del vehículo ni por los gastos de gestión de la baja del mismo es importante tener en cuenta los flujos económicos que dicha actividad supone.

Gráficamente el flujo económico se podría describir de la siguiente manera:



No obstante, a la hora de analizar el proceso de gestión de los vehículos es esencial tener en cuenta las características o costes de las opciones de gestión. Una de las características más significativas de España es el bajo coste de los vertederos que rara vez superan los 30€/tonelada y, por otro lado el alto coste de la incineración así como el escaso número de instalaciones.

Tabla 13. Costo estimado de gestión de residuos en España

Modalidad de Tratamiento	Costo de tratamiento €/t
Vertido	22
Incineración	58
Compostaje	20
Biometanización	60

Fuente: www.ateneonaidet.com Febrero 2010.

La red española de CAT ha asumido la descontaminación como parte de su proceso, lo cual se puede comprobar de forma empírica con la reducción de explosiones dentro de las plantas fragmentadoras. En conversaciones con plantas de este tipo ellas declaran que antes de la implantación del sistema de gestión de los VFUs tenían una media de 1 explosión cada 2 o 3 días. Estas explosiones suponen un peligro tanto para la integridad de las personas como para la de las propias instalaciones ya que provocan tanto una fuerte onda expansiva como la proyección de fragmentos metálicos a través de los conductos de ventilación de las plantas fragmentadoras.

Actualmente según declaran estas plantas las explosiones son raras, con una frecuencia no superior a una cada 2 o 3 meses y de mucha menor intensidad. El sector ya no achaca a la mala descontaminación de los vehículos por parte de los centros CAT sino a que pequeños recipientes a presión (bombonas de gas o extintores) puedan pasar los filtros de selección del material e incorporarse a la cola de alimentación del molino fragmentador. Afortunadamente las fragmentadoras también han experimentado un proceso de reconversión en la última década de tal forma que la mayoría de las mismas cuentan con un encapsulado de paneles absorbentes acústicos que amortigua tanto el ruido de la operación cotidiana como el de una posible detonación en el interior de la cámara del molino.

No obstante, aun es habitual que muchos de los vehículos que llegan a las plantas fragmentadoras estén "contaminados" con otros elementos que deberían haberse retirado en la fase previa de descontaminación, tal es el caso de los neumáticos, u otros objetos ajenos al vehículo en su maletero o en su habitáculo interior. España cuenta actualmente con una treintena de plantas fragmentadoras con una capacidad de gestión total cercana a los 4 millones de toneladas al año de materiales. Dado que el número de vehículos que se dan de baja al año en España no alcanza el millón de unidades y que cada vehículo ronda la tonelada de peso con los vehículos fuera de uso sólo se cubriría una cuarta parte de la capacidad de procesado de estas instalaciones. Existen otro tipo de chatarras y materiales mezclados que precisan de fragmentación que puede alcanzar en total el millón de toneladas. Por lo tanto tendríamos que el sector de la fragmentación en España se encuentra con una sobre capacidad de prácticamente el 100% de los materiales a procesar. Esto hace que exista un gran nivel de competencia en el sector entre unos y otros operadores

para lograr comprar la materia prima con la que alimentar sus instalaciones de reciclaje. Este alto grado de competencia explicaría que las exigencias de tratamiento que se hacen a los desguazadores sean mucho más flexibles ante el miedo de que el desguazador decida vender a otra planta fragmentadora sus vehículos fuera de uso descontaminados.

NIVELES DE RECICLAJE Y VALORIZACIÓN

Objetivos de reciclaje y valorización de la Directiva

Tal y como marca la Directiva 2000/53/CE relativa a los Vehículos al final de su vida Útil y el Real Decreto 1383/2002 que la transpone al ordenamiento español en su artículo 9 establece los objetivos de reutilización, reciclado y valorización. Así, desde el 1 de enero del año 2006, el automóvil debe alcanzar una tasa de Reutilización + Reciclado del 80% de su peso. Por otro lado, además el nivel de valorización total (Reutilización + Reciclado + Valorización Energética) ha de ser superior al 85%.

Por otro lado la norma establece un segundo plazo según el cual a partir del 1 de enero de 2015 la tasa de valorización total asciende hasta el 95% elevando también la de reutilización y reciclado al 85%.

Es fundamental resaltar que, a diferencia de otras normativas que desarrollan la aplicación de la Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP) como el caso de envases, neumáticos o residuos eléctricos y electrónicos en las que el responsable de cumplir con los objetivos de recogida y reciclaje establecidos por la norma correspondiente es el fabricante del bien fuera de uso del que se trate, en el caso de los Vehículos Fuera de Uso no es del todo igual.

Así, en el caso de los VFUs, la normativa reparte la responsabilidad de cumplir con los objetivos en toda la cadena. De este modo, si bien define en su artículo 2.d a los productores de vehículos, también incluye la figura en el apartado "c" de dicho artículo 2º de los "agentes económicos" definiéndolos como:

C) **Agentes económicos:** los productores, concesionarios o distribuidores, compañías de seguros de vehículos, instalaciones de recepción, talleres de reparación, centros autorizados para realizar la descontaminación u otras operaciones de tratamiento, así como empresas que realicen operaciones de valorización o eliminación del vehículo o de sus componentes y materiales.

Y por otro lado en el artículo 9º del mencionado Real Decreto 1383/2002 en el que se establecen los Objetivos de reutilización, reciclado y valorización, establece en su punto 1º que:

*1. Los **agentes económicos** cumplirán, en el ámbito de su actividad, los objetivos de reutilización, reciclado y valorización siguientes.*

Por lo tanto responsabiliza a toda la cadena y no sólo a los productores de que se alcancen los objetivos. En cualquier caso, y dado que el sistema español funciona bajo la base de que el valor residual del vehículo es capaz de financiar su proceso de descontaminación, reciclado y valorización este tema no sería relevante. En el caso de que llegado el momento no se cumpliese con los objetivos marcados por la norma y hubiese que financiar las acciones necesarias para cumplir con dichos objetivos sería sin duda un elemento a debatir.

Niveles de Valorización en la prueba de 2007

Gracias a las pruebas piloto que se llevaron a cabo por parte de los miembros de Sigrauto en los años 90 se sabía que tras la reconversión del sector del desguace este objetivo era alcanzable. De este modo, en 2007 Sigrauto realizó una prueba de medida con 400 vehículos fuera de uso. Para ello se buscó un CAT que tuviese báscula para vehículos (algo poco habitual en los CAT) pues era necesario conocer el peso del VFU a la entrada del CAT

y después de cada una de las fases de descontaminación. En el caso de las pruebas de 2007 se optó por la empresa Hermanos Velazquez Gómez, S.L. de la localidad vallisoletana de Cigales ya que contaba con esos requisitos. La localización del CAT llevó a que entre las plantas fragmentadoras que se ofrecieron por parte de FER, se escogiera la más cercana, en este caso Metalimex Ibérica, S.L. que se encuentra en la Magaz de Pisuerga en Palencia. Finalmente y para completar el proceso era necesario analizar también las fracciones que se reciclaban pasada la fase de fragmentación del llamado "residuo pesado de fragmentación". Para ello y dado que esta planta procesaba el 80% de dicho residuo en España se eligió la planta de postfragmentación de Deydesa 2000, S.L. en Legutiano (Álava).

Ilustración 55. Empresas participantes en prueba de niveles 2007



Hermanos Velázquez Gómez,
S.L. (Valladolid)



Metalimpex Ibérica, S.L.
(Palencia)



Deydesa 2000, S.L.
(Vitoria)

La prueba se inició el 7 de marzo de 2007 en el CAT y la metodología a seguir durante la misma había de ser igual a la que dicha instalación llevaba a cabo en su día a día para que los niveles medidos fueran representativos. Se llevó a cabo una toma de datos de cada uno de los vehículos analizados de manera que se pudiese justificar de manera conveniente los resultados de la prueba. Además los vehículos que iban a formar parte de la prueba se marcaban para que no se mezclasen con el flujo habitual.

Tras la apertura de la ficha se procedía a la descontaminación de cada vehículo retirando los líquidos y elementos que tienen características que hacen que el vehículo sea considerado un residuo peligroso. De esta forma los aceites, combustibles, líquidos de refrigeración, baterías y filtros se almacenaban de forma separada para, tras descontaminar los 400 vehículos, poder proceder a su cuantificación.

Ilustración 56. Imágenes de la prueba de niveles de 2007

HOJA DE DATOS	
Identificación para la prueba:	0001101
Fecha de entrega:	01/05/2007
Marca:	Volvo
Modelo:	460 GLE
Placa:	4733 MP (2004-04)
Capacidad de almacenamiento:	3000
Tipo de aceite: (Indicar marca):	Castrol
Fecha de entrega:	01/05/2007
Fecha de la prueba: (Indicar día y hora):	01/05/2007
Datos de contacto de la empresa: Nombre: _____ Dirección: _____ Teléfono: _____ E-mail: _____	
Descontaminación: a) Aceite: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé b) Filtro: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé c) Agua: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé d) Combustible: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé e) Filtros de Agua y Combustible: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé f) Líquido de Frenos: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé g) Refrigerante: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé h) Fluido Aire Condicionado: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé i) Baterías: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé j) Fluido Dirección: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé k) Líquido de Limpieza: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé l) Otros: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> No sé	



Hoja de datos del vehículo

Vehículo marcado para la prueba

A través de la hoja de datos que se diseño para la prueba, se recogían de forma individualizada y para cada vehículos todos los datos relevantes para el análisis posterior de los mismos.



HOJA DE DATOS



Identificador para la prueba	
Fecha de entrada	
Marca:	
Modelo:	
Bastidor	
Certificado de destrucción	
Tara según documentación	
Fecha de matriculación	
Peso a la entrada (pesado en bascula)	

Piezas no presentes en la recepción

Descontaminación

- Bateria SI NO
- Airbag SI NO
- Aceites SI NO
- Combustibles
 - Gasolina SI
 - Gas-oil SI
- Filtros de Aceite y Combustible SI NO
- Liquido de Frenos SI NO
- Refrigerante SI NO
- Fluido Aire Acondicionado SI NO
- Neumáticos N°
- Rueda Repuesto SI NO
- Catalizador SI NO
- Navegador SI NO


Así mismo, y gracias a dicha recogida de datos individualizada se podía conocer qué partes aprovechables como piezas de segundo uso tenía cada uno de los vehículos tratados.



ANEXO II: Hoja de aprovechamiento de piezas empleada en el desmontaje de los VFUs.

Resumen del aprovechamiento

Fecha: 12/04/2007


Cod.Vehículo	C00642/07 / VF1BA0ALE19588297		
Matrícula/Combustible	ZA2420K	GASOIL	
Marca	RENAULT		
Modelo / Año	MEGANE	1999	
Versión	1.9 D		
Ubicación	-		

Piezas válidas para extracción:

- | | | |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> AFORADOR I | <input type="checkbox"/> ALTERNADOR | <input type="checkbox"/> CAJA CAMBIOS |
| <input type="checkbox"/> COMPRESOR A/A | <input type="checkbox"/> CREMALLERA/CAJA DIRECCION | <input type="checkbox"/> CUADRO INSTR I |
| <input type="checkbox"/> ELEVALUNAS ELECTRICO D.D. | <input type="checkbox"/> ELEVALUNAS ELECTRICO D.I. | <input type="checkbox"/> MANDO CALEF. |
| <input type="checkbox"/> MANDO INTERM. | <input type="checkbox"/> MANDO LIMPIA | <input type="checkbox"/> MOTOR ARRANQUE |
| <input type="checkbox"/> MOTOR COMPLETO | <input type="checkbox"/> PUERTA D.I. | <input type="checkbox"/> PUERTA T.D. |
| <input type="checkbox"/> PUERTA T.I. | | |

Resumen del aprovechamiento

Fecha: 12/04/2007

Cod.Vehículo	C00562/07 / VS72AD0090062539		
Matrícula/Combustible	VA3280Y	GASOLINA	
Marca	CITROEN		
Modelo / Año	AX	1993	
Versión	T.T.MO		
Ubicación	-		

Piezas válidas para extracción:

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> FARO DER. | <input type="checkbox"/> FARO IZ. | <input type="checkbox"/> MANETA EXT.T.I. |
| <input type="checkbox"/> MOTOR COMPLETO | <input type="checkbox"/> PARAGOLPES DEL. | <input type="checkbox"/> PARAGOLPES TRA. |
| <input type="checkbox"/> PILOTO DELDER. | <input type="checkbox"/> PILOTO DELIZ. | <input type="checkbox"/> REJILLA I |

De este modo los datos recogidos en la prueba supusieron un gran avance no solo desde el punto de vista cuantitativo, sino también cualitativo.

Además se retiraron de los vehículos todos los neumáticos, de tal manera que se diferenciaron los que eran potencialmente reutilizables de los que debían enviarse a reciclaje o valorización.

Ilustración 57. Imágenes de la prueba de niveles de 2007



Proceso de descontaminación de los vehículos durante la prueba de niveles

Del mismo modo se retiraban las lunas laterales de los vehículos pues éstas, al no estar laminadas como le ocurre a la luna trasera y delantera del vehículo, es más fácilmente reciclable y tiene mejor acogida en el sector reciclador.

Tras esta primera fase, el vehículo se pasaba a una segunda en la que se evaluaban y retiraban todas las piezas y componentes susceptibles de ser reutilizadas.

Finalmente los vehículos que ya habían sido descontaminados y a los que se habían quitado las piezas aprovechables eran compactados mediante un camión prensa y se enviaban a la planta fragmentadora.

Ilustración 58. Imágenes de la prueba de niveles de 2007



Proceso de compactación y carga de los vehículos enviados a fragmentación.

Una vez en la planta fragmentadora de Metalimex Ibérica los 400 vehículos empaquetados fueron almacenados separados de forma que no se pudiesen mezclar con el resto de materiales de la planta. Antes de iniciar la fase de fragmentación se llevó a cabo una limpieza de todos los silos, cintas, molino y demás elementos de la fragmentadora para que ningún resto de otros materiales en estas zonas pudiese falsear los resultados de la misma.

Ilustración 59. Imágenes de la prueba de niveles de 2007



Vehículos compactados antes de iniciar la prueba de fragmentación.

A continuación y de forma continua en dos días se llevó a cabo la fragmentación de los mismos y la separación en tres fracciones:

- Fracción Férrica.
- Residuo Ligero.
- Residuo Pesado.

Cada una de las 3 fracciones resultantes fue pesada de forma individual en la báscula que la propia instalación fragmentadora tiene a la entrada.

En la llamada "fracción de residuo pesado" se incluyeron los materiales separados manualmente en los puestos de selección de las cintas interiores de la fragmentación. De tal manera que en esta fracción estaban además de las gomas pesadas, los bobinados de cobre, trozos de aluminio y otros metales no férricos.

Ilustración 60. Imágenes de la prueba de niveles de 2007



Vista general y en detalle de la fracción ligera de "estériles"



Vista general y en detalle de la fracción de residuo pesado



Vista general y en detalle de la fracción férrica

La parte férrica fue pesada y se envió a fundición de acero y la parte de residuo ligero se llevó a vertedero tras el pesaje.

Finalmente la fracción de residuo pesado (con gomas y metales) fue llevada a la planta de separación de Deydesa 2000 para su tratamiento mediante un proceso de flotación en medios de diferentes densidades y aplicación de corrientes de Foucault para separar todas las fracciones diferentes de materiales.

El complejo proceso de separación en planta de medios densos resulta complejo y pormenorizado y de él se obtienen unos resultados de

separación de múltiples fracciones. Sirva como muestra las siguientes imágenes.

Ilustración 61. Fracciones planta medios densos prueba niveles 2007



Gomas



Metales No Férricos 40-80



Metales No Férricos 20-40



Circuitos impresos



Acero Inoxidable



Cable de cobre



Metal Férrico



Aluminio/Cobre



Latón

Se comprobó que el meso medio de los vehículos elegidos para la prueba era representativo de la realidad del parque móvil español de tal manera que el peso medio (excluyendo de la tara 45Kg de combustible teórico y 75Kg de l conductor) era de 952,56 Kg.

Tabla 14. Peso medio de los vehículos de la prueba piloto de niveles de 2007

	Prueba 400 VFUs	Total España	Diferencia (%)
Tara Media corregida	952,56 Kg	958,88	0,66

Fuente: Sigrauto

Del mismo modo se comprobó que la vida media de los vehículos que se habían analizado coincidía de manera adecuada con la de los vehículos que se dan de baja cada año en España, siendo la antigüedad media de los vehículos que se procesaron de 16,5 años frente a los 15,2 de la media del total de España.

Durante la fase de desmontaje se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 15. Elementos extraídos en fase de desmontaje

CONCEPTO	UNIDADES
Vehículos con aprovechamiento de piezas	166 unds.
Componentes reutilizados	13.117,50 Kg.
Motores reutilizados	45 unds.
Cajas de Cambio reutilizadas	29 unds.
Parte no metálica reutilizada	2.116,20 Kg.
NFUs en total	1.502 unds.
Neumáticos reutilizados	271 unds.

Fuente: Sigrauto

Por otro lado se recogieron todos los datos relativos a los elementos extraídos en la fase de descontaminación de los vehículos según la siguiente tabla:

Tabla 16. Elementos extraídos en la fase de descontaminación.

CONCEPTO	PESO (KG.)
Aceites	1.600
Gasolina	3.100
Diesel	2.200
Filtros de aceite y combustible	350
Líquido de frenos	65
Líquido de refrigeración	1.250
Fluido de Aire Acondicionado	9
Neumáticos (reutilizados + enviados a gestor)	13.297
Baterías	4.648
Catalizadores	137
Vidrios	3.200

Fuente. Sigrauto.

En la planta fragmentadora de Metalimpex Ibérica se obtuvieron los siguientes resultados. No obstante, un punto a tener en cuenta es que para obtener una materia prima férrica lo más limpia posible de materiales impropios de esta fracción esta planta está configurada con un sistema de aspiración muy potente, de tal manera que cuando los materiales ya triturados salen del molino fragmentador los ciclones llevan a cabo una aspiración para separar la llamada "fracción ligera".

Al estar los ciclones configurados en una posición de mucha potencia de aspiración hay pequeñas piezas de metal en forma de cables y pequeñas chapas que se ven aspiradas por el flujo ascendente y van a parar al montón del residuo ligero de fragmentación junto con las gomaespumas, maderas, telas y otros plásticos ligeros. De ahí el residuo ligero y los materiales reciclables aspirados van al vertedero puesto que esta fracción no es sometida a un proceso posterior de reciclado:

Tabla 17. Fracciones obtenidas en la planta fragmentadora

CONCEPTO	PESO (KG.)
VFUs a la entrada en fragmentadora	276.760
Metales férricos	191.840
Gomas con metales para Medios Densos	24.980
Palieres	1.400
Bobinas (Cu-Fe)	400
Estériles	53.120
Volátiles	4.500

Fuente. Sigrauto

Finalmente los resultados que se obtuvieron en la planta de medios densos que Deydesa 2000 tiene en Legutiano fueron los siguientes:

Tabla 18. Fracciones obtenidas en la planta de medios densos

CONCEPTO	PESO (KG.)
Gomas con metales a la entrada	24.980
Metales no férricos	3.820
Metales férricos	40
Gomas	6.800
Inertes	3.800
Volátiles	420
Fracción a vertedero	10.100

Fuente. Sigrauto

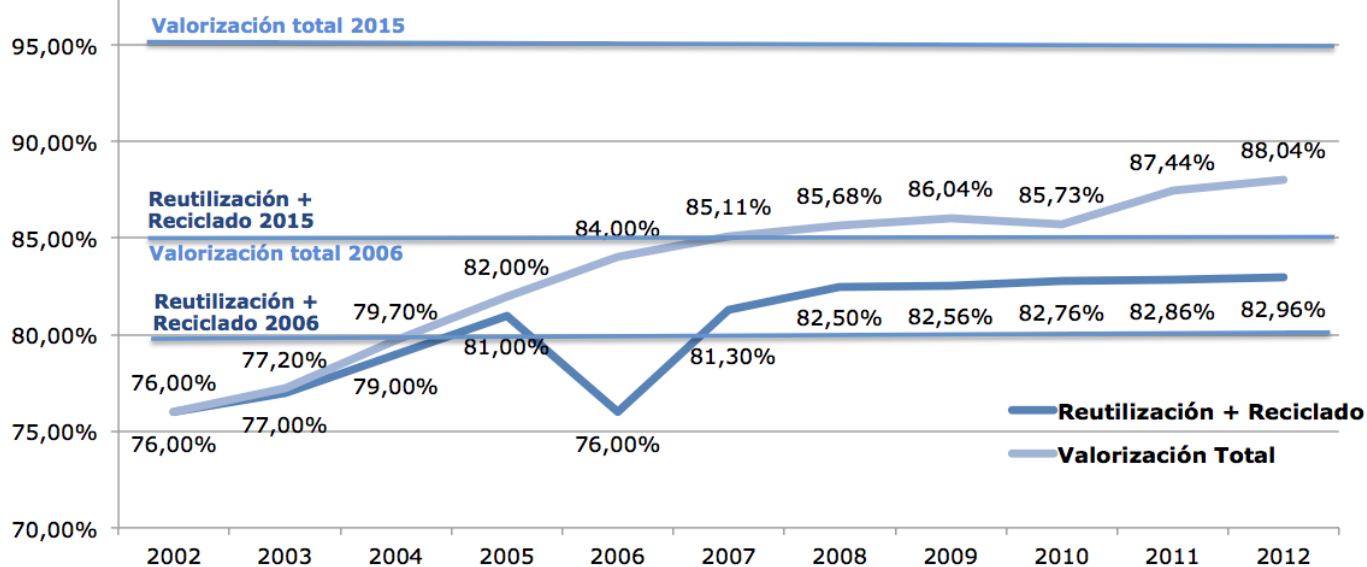
Para calcular los niveles de recuperación de la prueba, se siguieron los criterios establecidos en la Decisión 293/2005 de la Comisión Europea publicada el 13 de abril de 2005 en la que se establecen precisamente los criterios y metodologías para calcular dichos niveles de recuperación. Y los resultados obtenidos fueron:

- El contenido metálico de los vehículos se fijó en un valor entre 73,10% y el 76,24%.
- La fracción ligera fue del 13%
- El vidrio retirado ascendió al 0,8%
- El nivel de Reutilización + Reciclado era del 83,5%
- El nivel de Valorización total fue del 86,5%

Niveles actuales y pruebas de medición de nivel

Año tras año se han seguido llevando a cabo pruebas de nivel por parte de Sigrauto para tener constancia de la evolución de los niveles obtenidos. A lo largo de los últimos años y en virtud de dichos datos se ha ido informando al Ministerio de Medio Ambiente el cual a su vez ha reportado a la DG. Medio Ambiente de la Comisión Europea. Los datos reportados se presentan en la siguiente gráfica.

Ilustración 62. Niveles de gestión de VFUs reportados por España



Fuente. MAGRAMA. Elaboración propia

Si analizamos la gráfica hay un dato que nos llamará poderosamente la atención y es el del nivel de reciclado y reutilización reportado en 2006, precisamente el año en el que entraba en vigor el primer plazo de cumplimiento de objetivos de gestión de los Vehículos Fuera de Uso. Al parecer, según me ha declarado Manuel Kindelán (Sigrauto) se debió a un error por parte del técnico del Ministerio de Medio Ambiente a la hora de reportar los datos. Por razones que no han podido ser aclaradas no se corrigió luego ese error de manera que ha quedado como una mancha en la reputación de España pues no cumplió "oficialmente" ninguno de los dos objetivos planteados cuando llegó el 1 de enero de 2006. En el caso de la Reutilización y Reciclado de los vehículos declaró un nivel del 76% mientras que el objetivo era del 80%. Y en lo tocante al nivel de valorización total (sumando la valorización energética) declaró un nivel del 84% quedándose por lo tanto un punto porcentual por debajo del objetivo del 85%.

No obstante, en 2007 ambos niveles reportados mejoraron y España pasó a cumplir, con un nivel de reciclado más reutilización del 81,3% y un nivel de valorización total del 85,11%, ambos objetivos de la norma.

La Comisión Europea en la Decisión 293/2005⁷¹ estipula que:

"Los Estados Miembros cumplimentarán los cuadros incluidos en el anexo con periodicidad anual, comenzando por los datos de 2006, y los enviarán a la Comisión en el plazo de los 18 meses siguientes al año en cuestión".

Por lo tanto y de facto, hay un lapso de casi dos años entre la finalización del ejercicio en cuestión y la publicación de los niveles de valorización y

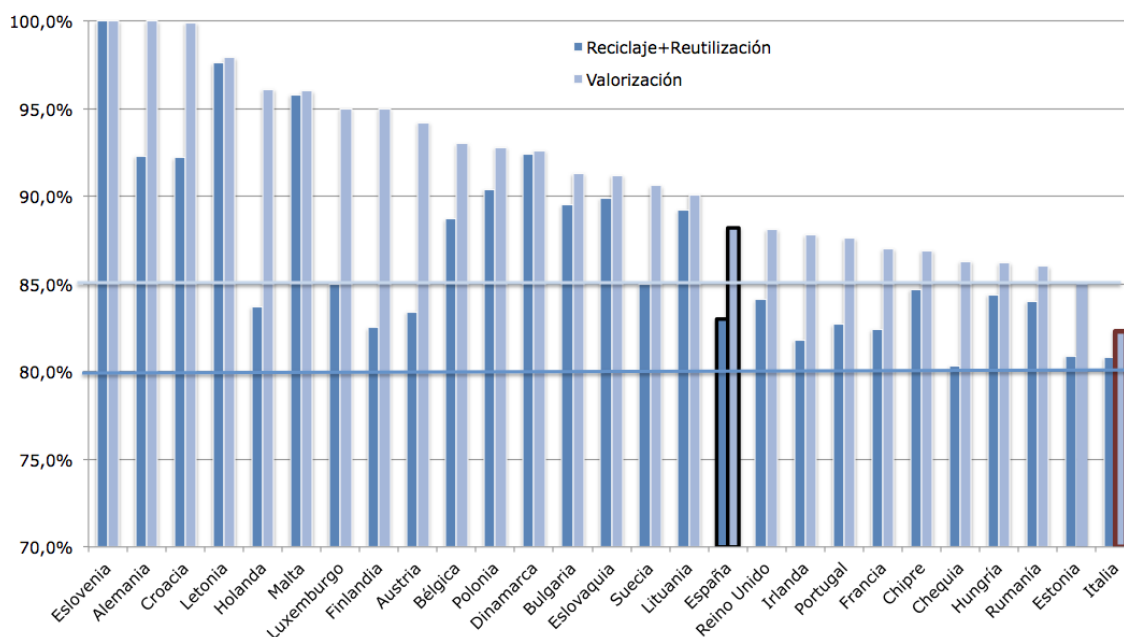
⁷¹ Decisión 293/2005 de 1 de abril de 2005. Artículo 3.1. L 94/30. DOCE 13.4.2005

reciclado. Así, los últimos datos oficiales publicados a nivel de toda Europa lo han sido en 2012.

El 11 de septiembre de 2015 Eurostat ha publicado los datos de reciclaje y reutilización y de valorización total correspondientes a 2013 lo que nos permite una revisión más amplia de los datos.

Según los datos de 2012 y respecto a los niveles exigidos para 2006, todos los países de Europa cumplían el objetivo de reutilización y reciclado y tan sólo uno, Italia no cumplía con el objetivo de valorización total.

Ilustración 63. Niveles de valorización de VFUs en Europa en 2012



Fuente. Eurostat

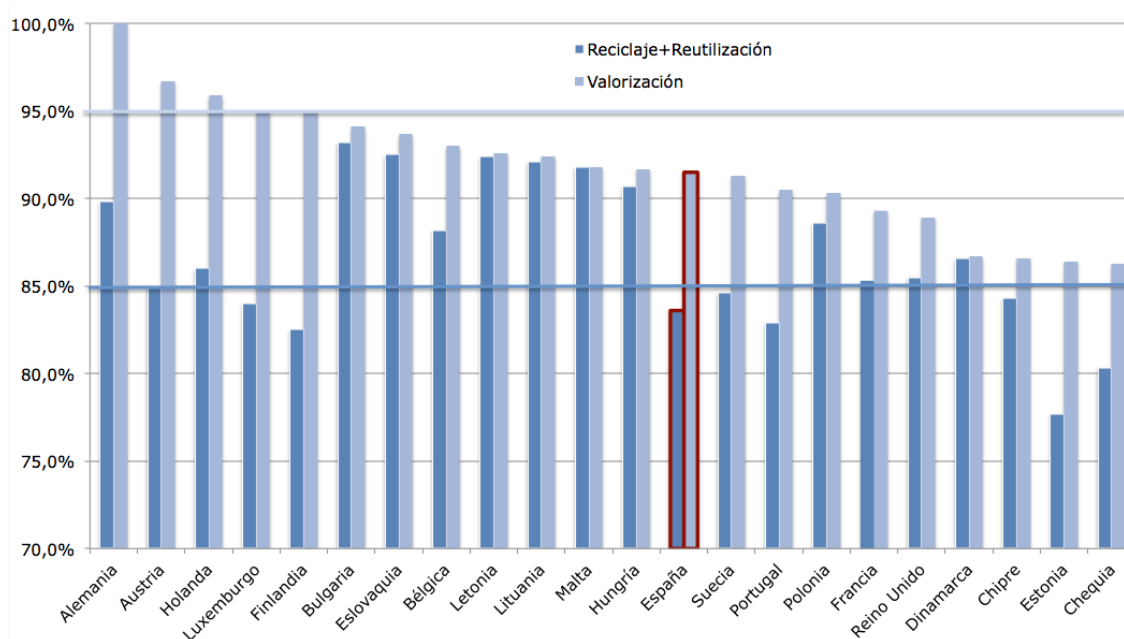
Aunque no es el tema de esta tesis doctoral, resulta interesante pararnos un momento a observar el anterior gráfico, pues llaman la atención algunos datos que claramente reflejan un error (consciente o no) en la interpretación de los datos. De esta forma resulta imposible que Eslovenia reporte que recicla todos los vehículos al 100%, por la sencilla razón de que

no existe aun tecnología conocida que permita dicho nivel. Algo parecido ocurriría con el 97% que declara Letonia.

Podría ser creíble el que se Valorizase el 100%, como reporta también Alemania, y ello depende sobre todo del número de plantas de incineración y la accesibilidad a las mismas.

Con los datos publicados recientemente correspondientes a 2013 y excluyendo a los países que no han publicado datos, obtendríamos la siguiente gráfica.

Ilustración 64. Niveles de reciclaje/reutilización y valorización de VFU en 2013



Fuente. Eurostat

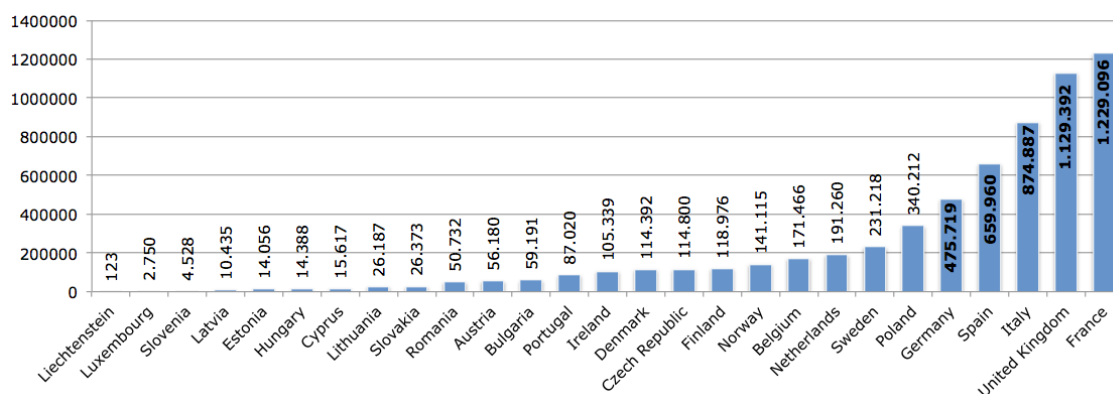
Si analizamos esta última gráfica de 2013 teniendo como horizonte del análisis los niveles exigidos para el 1 de enero de 2015, es decir, dos años después de que se reportasen dichos datos, comprobamos que solamente 5 países cumplirían con el objetivo de Valorización total del 95%: Finlandia

(95%), Luxemburgo (95%), Holanda (95,9%), Austria (96,7%) y Alemania (100%).

Y en lo tocante al objetivo de reutilización + reciclado, en el que la norma exige un nivel del 85%, cumplirían muchos más países, aunque si nos fijamos en los 5 grandes, cumplirían Alemania (89,8%), Francia (85,3%), Reino Unido (85,5%), mientras que España se quedaría a las puertas con un (83,6%) e Italia al momento de cerrar este capítulo no había hecho públicos los datos.

Es importante que hayamos prestado una especial atención a estos 5 países pues, como podemos ver en la gráfica siguiente, suponen la mayoría de los vehículos gestionados en Europa.

Ilustración 65. Toneladas de VFUs gestionados en 2012 en Europa



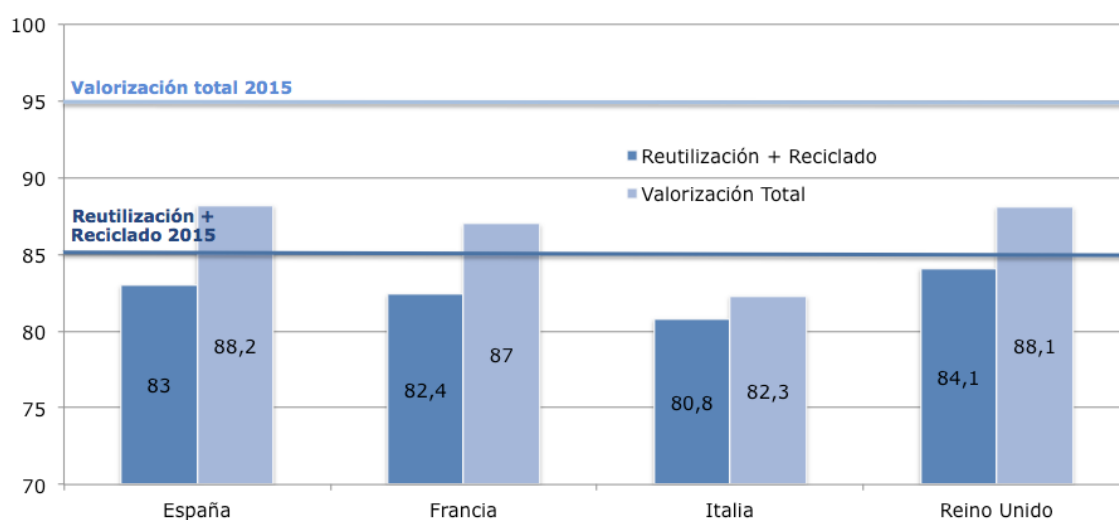
Fuente. Eurostat

La fiabilidad de los datos que algunos países dan a la Comisión y que Eurostat publica son en algunos casos de dudosa validez. Para poder abordar verdaderamente los datos habríamos de concentrarnos en los 5 países que realmente están gestionando el 70% de los vehículos de Europa. Y estos son, por orden según se puede ver en el gráfico adjunto: Francia, Reino Unido, Italia, España y Alemania:

- Francia, el país que más vehículos recicla al año tenía en 2012 una tasa de reutilización y reciclado del 82,5%. Y una tasa de valorización total del 87%. Ambas por debajo de la de España. Sin embargo, en 2013 alcanzó el 85,3% de reciclaje que le exigirá la norma superando a España pero sigue muy por debajo del objetivo de valorización total con un 89,3%.
- Reino Unido alcanzó una tasa del 84% y el 88% respectivamente en 2012, también en la línea de los niveles de España. Y en 2013 logró superar la barrera del nivel de reciclaje y reutilización llegando al 85,5% pero sigue también muy por debajo del objetivo de valorización total con un 88,9%
- Italia por su parte no superó en 2012 el 81% en reutilización y reciclado y del 83% en valorización total. Y no publicó datos aun de 2013.
- La única excepción por tanto de este grupo que recordemos supone el 70% de los vehículos gestionados en la Unión Europea sería Alemania con unas tasas del 92,5% y 100% respectivamente para 2012 y del 89,8% y 100% para 2013. No obstante, este dato está influido por el hecho de que una gran cantidad de los vehículos más antiguos de Alemania salen de ella y son reciclados en otros países. Solo así, se explicaría que un país como Alemania en el que en 2012 se vendieron más de 3 millones de vehículos (en comparación con los 750.000 de España, los 2.100.000 de Francia, los 1.700.000 de Italia o los casi 2.000.000 de Reino Unido) solo se gestionasen algo más de 475.000.

Por lo tanto si los datos de 2012 se extrapolasen a 2015⁷², nos concentrásemos en los 4 primeros países y no se hubiese cambiado sustancialmente las tecnologías de gestión de los Vehículos Fuera de Uso, y de hecho no ha sido así, el panorama de cumplimiento de los objetivos de reciclado sería de incumplimiento generalizado de los objetivos. Y lo mismo sucedería si incluyésemos los nuevos datos de 2013.

Ilustración 66. Tasas de reciclaje y valorización de 2012 en porcentaje



Fuente. Eurostat

Los objetivos de reutilización y reciclado serían alcanzables pues los países se encuentran a 2 o 3 puntos del objetivo y la única excepción sería Italia que está a 4,2 puntos del mismo. No obstante, curiosamente, los datos que reportó Italia en 2011 eran que su tasa de reciclaje y reutilización era exactamente de un 85%, con lo que corrigiendo la variable estacional también podría cumplir.

⁷² Realmente los datos de 2013 corresponden al 31 de diciembre de 2013 y la fecha de cumplimiento de los nuevos objetivos es 1 de enero de 2015 por lo que de facto sólo tendrían un año para tratar de haber impulsado sustancialmente las cifras.

El verdadero problema se encuentra en cumplir el objetivo de valorización total pues en ese caso la diferencia ronda entre los 7,8 puntos de España y los 13,7 de Italia.

Así pues, y dejando a un lado las dudas que podría haber sobre unos u otros datos, lo que es evidente es que para que la Unión Europea en su conjunto y España en especial alcance los objetivos planteados tiene que tratar de profundizar en la gestión de las fracciones a las que hasta ahora no se ha prestado suficiente atención.

En el caso de España, la forma más clara de incrementar los porcentajes de reciclado y con ello el de valorización total sería analizar los materiales que actualmente están siendo depositados en vertedero sin duda debido al escaso atractivo económico de su retirada separada durante el proceso de descontaminación y desguace del vehículo.

Análisis económico de la gestión de un VFU

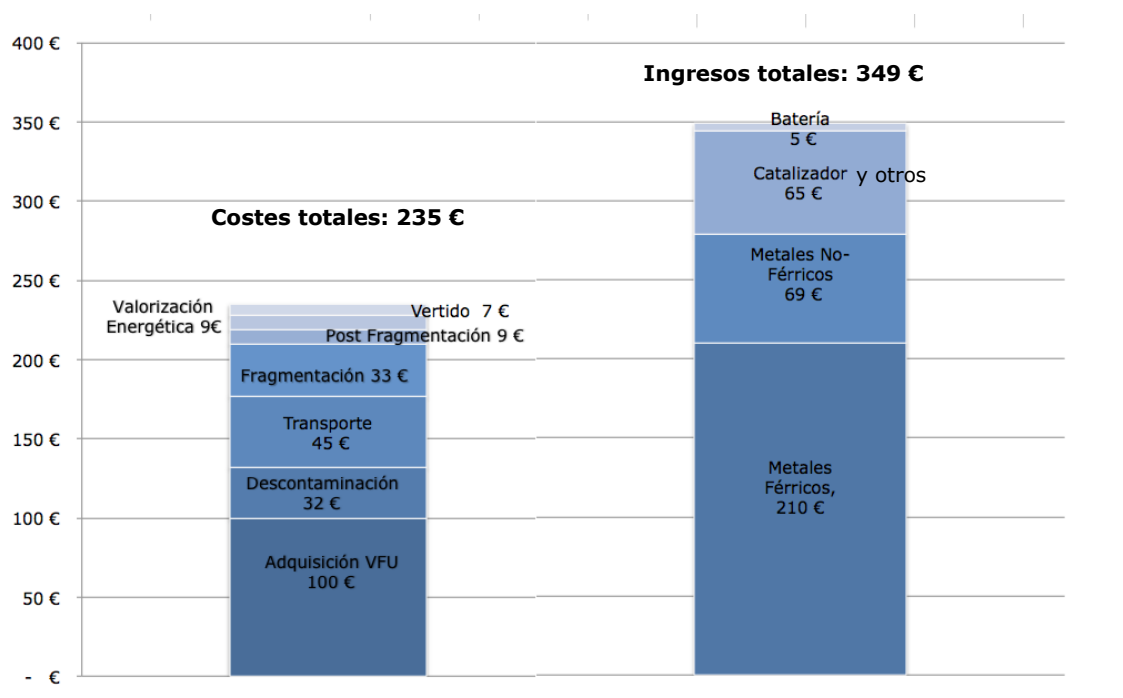
No existen muchos estudios elaborados en torno al balance económico de gestión de un VFU pues en gran medida los operadores mantienen un cierto mutismo alrededor de uno de los elementos que sin duda constituyen la clave de su negocio, pero la European Automobile Manufacturers Association (ACEA)⁷³ ha publicado en 2014 cuyos datos resumidos han sido recogidos en el estudio que la Comisión Europea ha publicado este año 2015 acerca del coste de implantación de las políticas ambientales⁷⁴. Tomando como base la experiencia que recoge esta Tesis y al análisis que se ha llevado a cabo a lo largo de los últimos 18 años en el mundo del

⁷³ ACEA (2014). *Economic analysis of the ELV treatment chain in Europe*

⁷⁴ European Commission. *Study to analyse differences in costs of implementing EU policy*. DG Environments. ENV.F.1/FRA/2010/0044

reciclaje de vehículos fuera de uso en España por parte del autor de la misma, es posible concluir que los datos recogidos en dicho estudio por parte de ACEA, si bien han de ser interpretados correctamente si reflejan con cierta fiabilidad la realidad actual. De tal manera que analizando los ingresos y gastos en que incurren actualmente los operadores encargados de la gestión de los vehículos fuera de uso (CAT, fragmentadora y planta de post-fragmentación) podemos llevar a cabo un análisis que nos permita detectar los límites de un modelo basado exclusivamente en el valor residual del vehículo como forma de funcionamiento, es decir, el modelo aplicado en España por parte de SIGRAUTO.

Ilustración 67. Balance de Ingresos y Gastos en la gestión de un VFU



Fuente. ACEA

Un análisis económico del proceso actual de descontaminación y gestión del automóvil nos permitiría analizar cuál es la Cuenta de Perdidas y Ganancias de la gestión del Automóvil. De tal modo que si tenemos en cuenta el

análisis recogido en el gráfico anterior que refleja la situación actual, podremos comprobar que el principal coste en que incurre el primer operador de la cadena, el CAT, es la adquisición al último propietario del vehículo de mismo. El resto de costes reflejan los demás gastos en que se incurre a medida que avanza el proceso de gestión y reciclado del VFU.

En la parte de los ingresos observamos que se estima unos ingresos en concepto de materiales férricos de 210€. Es importante resaltar que esto incluye tanto el valor de venta de las piezas férricas de desguace para segundos usos por parte del CAT, como la fracción férrica de la fragmentadora o la parte férrica que se obtiene en las plantas de post-fragmentación o de medios densos. Lo mismo ocurre con la fracción de metales no férricos en la que se podría incluir cuestiones como la venta del motor (de aleación de aluminio) en algunos casos.

A continuación tenemos la venta de otras piezas como algunas piezas de plástico o vidrio (faros, ventanas, parachoques, etc.) si bien el más representativo por su valor económico y su contenido en materiales de alto valor es el catalizador.

Finalmente se encuentra un elemento, la batería de plomo-ácido, que por sus características propias y su valor intrínseco se desglosa en el cálculo. Aquí resulta de interés puntualizar que, pese a su carácter de residuo peligroso por contener plomo y ácido sulfúrico, se trata probablemente del bien fuera de uso con una más refinada estructura de reciclaje y recolección casi perfecto basado en el valor residual del propio bien. La batería tiene básicamente 3 elementos en su composición:

- El **plomo** que se recicla al 100% para fabricar otras baterías.

- El **polipropileno** de la carcasa que se recicla también al 100% también para la fabricación de baterías⁷⁵.
- El **electrolito** formado por agua destilada y ácido sulfúrico que es neutralizado con sosa cáustica de tal manera que se

Según datos de la Unión de Industrias del Plomo (UMPLOM) de los que se ha hecho eco la Federación Española de la Recuperación⁷⁶, de la que fui miembro de la Junta Directiva y tesorero entre 1997 y 2005, recoge anualmente prácticamente el 100% de las baterías fuera de uso pues al tener las mismas un valor residual constante y seguro en el caso de que algún ciudadano la dejase abandonado, algún miembro de la red capilar de recogida que forman los pequeños recuperadores (tanto formales como informales) la recuperaría y la volvería a introducir en el ciclo del reciclado.

Además la batería de plomo, como se ha comentado anteriormente también tiene una tasa de reciclaje cercana al 100% pues en el proceso de gestión se aprovechan todos sus materiales en un claro ejemplo de funcionamiento de una verdadera economía circular.

A tenor de los últimos datos en 2014 se reciclaron en España un total de 113.000 toneladas de plomo proveniente de baterías de plomo-ácido lo que supone una tasa de recuperación del 98,10%⁷⁷.

⁷⁵ Pese a ser un dato poco conocido todas las baterías de automoción de color negro están fabricadas con polipropileno reciclado con origen mayoritariamente en el reciclaje de las propias baterías. Las baterías con carcasa blanca están hechas con polipropileno virgen ya que el color es el único hándicap que tiene el reciclaje del polipropileno.

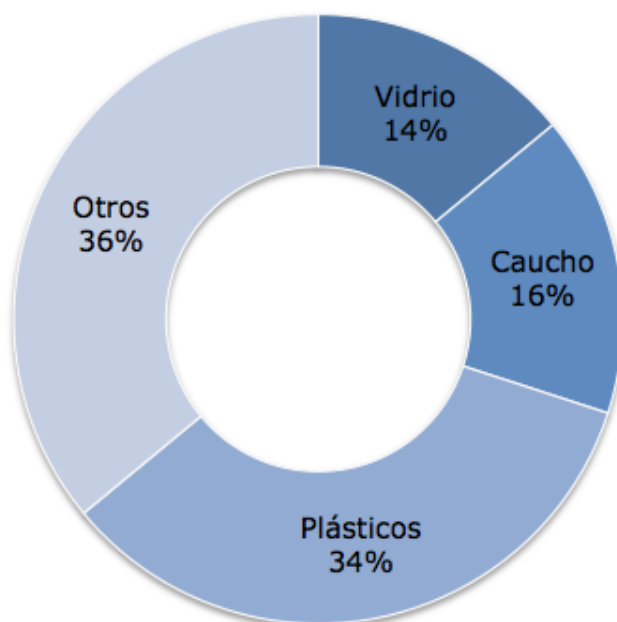
⁷⁶ Nota de prensa publicada por FER el 28 de julio de 2015 sobre las Implicaciones del Nuevo Real Decreto 710/2015 de Pilas y Acumuladores. www.recuperacion.org

⁷⁷ Datos obtenidos en entrevista con Alicia García-Franco, Directora General de la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER)

LAS FRACCIONES NO RESUELTAS DE LOS VFU

El 25% de la composición de un Vehículo Fuera de Uso lo integran cuatro fracciones no metálicas. Son en ellas en las que debe centrarse el futuro de la gestión de los VFU si se pretende alcanzar los objetivos que marca la Directiva. Así, de ellas destacan 3 fracciones integradas por el Caucho, el Vidrio y los Plásticos. Cada una de estas fracciones tienen una problemática diferente que a continuación planteamos. También analizaremos qué razones llevan a que las mismas se gestionen inadecuadamente.

Ilustración 68. Fracciones no resueltas del VFU



Fuente. Anfac

Especialmente ilustrativo y premonitorio de la situación actual es el cuadro que la empresa recicladora Lajo y Rodríguez, S.A. y mayor empresa fragmentadora de España publicaba en 1998 y que reproducimos a continuación. En él se analizaba tanto el porcentaje que suponía cada tipo de material en el vehículo, así como su valoración económica en tanto que

rentable o no rentable, cuál era el destino al que en ese momento se enviaba dicho material y qué perspectivas de futuro se podían vislumbrar.

Tabla 19. Situación económica del reciclaje de VFUs en 1998

Fase	Elemento	% Sobre Vehículo	Valoración Económica	Destino Actual	Destino Futuro
DESCONTAMINACIÓN	BATERÍAS	1,0%	RENTABLE	RECICLAJE	RECICLAJE
	LÍQUIDOS VARIOS	1,0%	NO RENTABLE	VERTEDERO	EN ESTUDIO
	CFCs	0,1%	NEUTRO	EN ESTUDIO	EN ESTUDIO
	ACEITES	0,5%	NEUTRO	GESTORES	GESTORES
	COMBUSTIBLES	1,0%	NEUTRO	VALORIZACIÓN	VALORIZACIÓN
	VIDRIOS	3,5%	NEUTRO	VERTEDERO	RECICLAJE
DESMONTAJE	PLÁSTICOS	8,5%	NO RENTABLE	VERTEDERO	RECICLAJE
	TEXTILES Y ESPUMAS	2,0%	NO RENTABLE	VERTEDERO	EN ESTUDIO
	NEUMÁTICOS	4,0%	NEUTRO	VERTEDERO	RECICLAJE Y VALORIZACIÓN
FRAGMENTACIÓN	FRACCIÓN FÉRRICA	73%	RENTABLE	RECICLAJE	RECICLAJE
	METALES NO FÉRRICOS	2,0%	RENTABLE	RECICLAJE	RECICLAJE
	VARIOS	3,0%	NO RENTABLE	VERTEDERO	EN ESTUDIO

Fuente. Lajo y Rodríguez, S.A.

Como podemos observar, los plásticos se consideraban como no rentables pues su coste de extracción y preparación superaba el valor de mercado del material. El vidrio se consideraba "neutro" lo cual dejaría a la buena voluntad (o exigencia legal) su reciclaje y otro tanto se otorgaba a los

neumáticos si bien es importante reseñar que en aquel momento el vertido de neumáticos era legal y el coste de vertedero mucho más barato que hoy en día.

Analizaremos por tanto a continuación qué posibilidades reales de reciclaje tienen estas tres fracciones mencionadas y, como al final de la tesis doctoral concluiremos, qué acciones deberían llevarse a cabo para que el reciclaje de dichas fracciones fuese efectivo sin poner en riesgo el correcto funcionamiento del resto del sistema de gestión de los VFU.

Neumáticos Fuera de Uso (NFU).

La normativa aplicable para gestión de los VFU's y sus componentes es el Real Decreto 1383/2002. Los neumáticos fuera de uso (NFU) generados como consecuencia del tratamiento de los VFU's están sujetos a la misma normativa pues se entiende que un vehículo consta de sus cuatro neumáticos en las ruedas y el de repuesto. El resto de neumáticos que usa un vehículo en su vida se entienden como "de reposición" y su gestión está dentro del ámbito de responsabilidad de los fabricantes de neumáticos y no del de los vehículos. Ante la imposibilidad de determinar qué neumáticos de los cambiados a lo largo de la vida del vehículo eran los primeros, el legislador optó por enmarcar en el ámbito de la responsabilidad ampliada del productor de automóviles los últimos con los que el coche es llevado al desguace.

No podemos olvidar que este problema de los NFU está íntimamente relacionado con el uso masivo del automóvil como modo de transporte.

La Directiva 2000/53/CE de septiembre de 2000, relativa a los vehículos al final de su vida útil, es aplicable a todos los materiales y componentes de dichos vehículos. Así mismo, el Anexo I de esta Directiva indica los requisitos técnicos para el tratamiento de éstos, y exigen un almacenamiento adecuado para los neumáticos usados entre otras operaciones de tratamiento para fomentar el reciclado de sus materiales.

Igualmente, la Decisión 2000/532/CE de mayo del 2000 (Lista europea de Residuos) recoge en su capítulo 16, con el código 16 01 03 los NFU. Los neumáticos, una vez fuera de uso, constituyen un residuo no peligroso, cuyas características y posibilidades de reciclaje y reutilización justifica una línea de gestión específica y propia.

Hasta hace muy poco, la mayoría de los NFU terminaban en vertederos controlados o incontrolados, lo que suponía un serio problema ecológico, además del desperdicio de un recurso valioso. Sin embargo, la legislación española en el Real Decreto 1481/2001 estableció la prohibición del vertido de neumáticos enteros a partir de julio de 2003, y de neumáticos troceados a partir de julio de 2006.

La gestión de los NFU está regulada además de forma general por la Ley 10/1998 Básica de residuos, y en particular por el Plan Nacional Integral de residuos 2008 – 2015 y el Plan Nacional de Neumáticos Fuera de Uso 2001-2006.

A raíz de esta legislación y sobre todo a partir de 2006, año en que el vertido de neumáticos quedó prohibido, los fabricantes de neumáticos se vieron en la obligación de crear una serie de Sistema Integrados de Gestión (SIGNUS y TNU) que mediante el sistema de cobro de ecotasa a la hora de

comprar los neumáticos nuevos financian el sistema de recogida, reciclaje y valorización de los NFUs de reposición. Es importante destacar que el material del que está compuesto el neumático, si bien es reciclable en un porcentaje muy alto sus costes logísticos y de tratamiento impiden que se trate de una actividad viable si simplemente se apoya su gestión en el valor residual final del neumático.

Esta circunstancia hace que en un porcentaje muy alto, los desguazadores eviten, si pueden hacerlo, desmontar los neumáticos del vehículo que les llega. A no ser, claro, que se trate de neumáticos con pocos kilómetros de uso y que pueden ser vendidos para una "segunda vida", en cuyo caso sí los desmontan. Lo cierto es que es habitual ver coches empaquetados en las plantas fragmentadoras con los neumáticos puestos. El problema es que los Sistemas Integrados de Gestión de los fabricantes de neumáticos no se hacen cargo de estos neumáticos y por lo tanto su gestión supone un coste para el CAT. Es por ello que, en la medida de lo posible, pasan esa gestión al fragmentador.

Ilustración 69. Esquema de composición de un neumático



El fragmentador cuando recibe el coche entero se limita a hacer la que es su actividad: fragmentar. Por lo tanto el neumático triturado junto con el resto del coche pasa a la cámara de trituración en la que la parte metálica del neumático (14%) se recicla junto con la fracción férrica del automóvil, mientras que la fibra textil y parte del caucho se une a la fracción ligera de fragmentación y la parte pesada se mezcla con los metales no férricos y posteriormente se separa junto con otros plásticos en plantas de medios densos.

La realidad es que, en el mejor de los casos estos materiales se valorizan energéticamente mientras que muchas de las veces acaban siendo depositados en vertederos controlados junto con parte de las fracciones no metálicas del automóvil.

Esta situación no pasa desapercibida a los SIG de neumáticos de reposición como lo demuestra la siguiente mención en la Memoria 2013 de TNU⁷⁸:

“Se está experimentando una deficiente o nula gestión de los neumáticos fuera de uso por parte de los centros descontaminantes, ya que prescinden, en términos generales de los SIG. Dichos centros además están posicionando como “neumático ocasión” en el mercado, los cuales no tienen ningún control respecto de su gestión, incrementando la presencia de dichos neumáticos que, al no haber contribuido a SIG alguno, dificulta luego la gestión de recogida y gestión, y además origina un mercado paralelo de venta de neumáticos difícil de controlar. Sería conveniente establecer normativa para que dichos centros, como poseedores de NFU, se adhieran a alguno de los SIG autorizados”

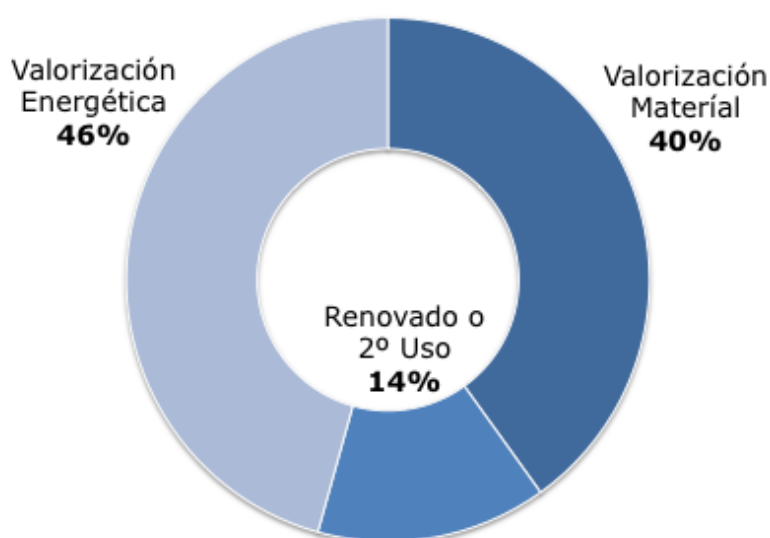
⁷⁸ Memoria 2013 TNU. P. 45. www.tnu.es

Lo cierto es que hoy en día los SIG de neumáticos (SIGNUS y TNU) han logrado unas tasas de gestión muy adecuadas eliminando completamente el vertido de neumático práctica habitual en España hasta el año 2005 y reutilizando o reciclando el 55% del neumático. El 45% restante es enviado a valorización energética principalmente a plantas cementeras en las que la granza de neumático limpia tiene el mismo poder energético que el carbón con menores emisiones de CO2 y Azufre.

Obviamente, dado el valor marginal negativo del neumático (si se incluye toda la cadena de tratamiento necesaria para evitar el vertido) se ha establecido un sistema de tasa al consumidor de entre 1,5 y 2€ por neumático nuevo con lo que se cuenta con fondos suficientes para que la red de gestión de los neumáticos funcione. No son menores, no obstante, las tensiones existentes en el sistema pues se trata de facto de un monopolio en la gestión, pero será tema de otra tesis doctoral.

Ilustración 70. Destino de los Neumáticos de reposición en España

Destino de los NFU en España (Fuente TNU) año 2013



Fuente. Tratamiento de Neumáticos Usados (TNU)

Actualmente se da la paradoja de que el fragmentador está “comprando” al desguazador un vehículo que tiene neumáticos y, por lo tanto está comprando esos neumáticos en el precio que paga por el vehículo. Posteriormente, aunque no lo tiene interiorizado, paga el coste del vertedero. De esta forma está pagando dos veces por un mismo residuo. Ya que paga los 120€ al CAT por tonelada de coche y paga 30€ al vertedero por tonelada vertida.

Una alternativa, no desarrollada, para optimizar este proceso, y disminuir, hasta su eliminación, el vertido de los VFU (enteros o fragmentados) sería pedir al CAT que quitase los neumáticos y los enviase junto el vehículo empaquetado a un lado de la carga. Esta gestión de retirada del neumático se le haría a coste cero (ni se le pagaría ni se le cobraría). De esta forma el CAT se deshace de un residuo complicado y que, de otra forma tendría un coste para él. El fragmentador por su parte ha adquirido a coste cero un residuo por el que antes, de facto, venía pagando 150€ (120€ + 30€). Este importe es suficiente como para gestionar el neumático y enviarlo a sus diferentes vías posibles. El proceso sería tal que el siguiente:

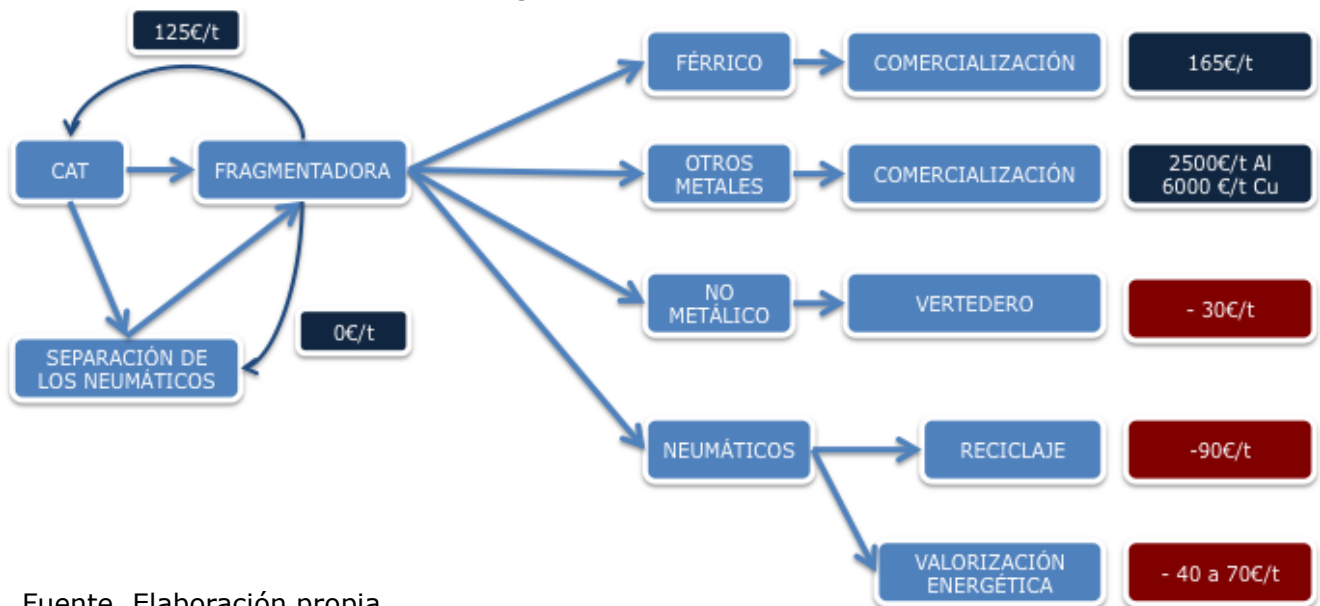
1. CAT descontamina el VFU, separa los neumáticos y al vender el VFU; se los entrega por separado a la fragmentadora (neumáticos no aptos para comercialización)
2. Fragmentadora recibe los paquetes de coche y los neumáticos separados.
 - a. Los paquetes de coche los fragmenta y procesa como haría habitualmente, pero al no tener neumáticos la cantidad de residuo inerte producida se reduce proporcionalmente y lo mismo ocurre con el coste energético.
 - b. Los neumáticos los gestiona para:
 - i. envío a cementera para valorización energética (triturados). En este caso puede optar por triturar los

neumáticos en cuyo caso la cementera los recibiría a coste cero o puede enviarlos enteros en cuyo caso la cementera le cobrará una cantidad entre 40€ y 70€..

- ii. envío a plantas de reciclaje para valorización material (enteros pero no aptos para reutilización). En este paso, la fragmentadora incurre en un costo por la gestión del residuo a una planta de reciclaje que está en torno a los 90€

En ambos casos anteriores estarían incurriendo en costes inferiores a los actuales al tiempo que mejorarían sus tasas de reciclado.

Ilustración 71. Proceso alternativo de gestión de los neumáticos en los VFU



Fuente. Elaboración propia

En este proceso, se disminuye el coste por vertido incurrido por la fragmentadora, ya que el mismo viene determinado por el peso de los residuos a ser vertidos. El coste por reciclado se compensa con la disminución del pago por vertido, ya que se estarían vertiendo menos toneladas.

Además en este modelo el CAT guardaría para sí aquellos neumáticos con valor positivo y que podría comercializar para reutilización o recauchutado y estaría enviando los neumáticos no reutilizables a coste cero a la fragmentadora lo que obviamente supone una mejor opción que contratar la gestión separada como en principio debería estar haciendo actualmente.

Quedaría obviamente la opción de continuar con la "picardía" de seguir enviando a la fragmentadora los neumáticos mezclados con el resto del paquete de coche, pero esto además de no ser defendible desde el punto de vista económico y medioambiental poner en riesgo como hemos visto los porcentajes de reciclaje y valorización reales de los VFU y esto es algo que afecta seriamente a toda la cadena de gestión del vehículo. No obstante, y dado que esto afectaría muy especialmente a los fabricantes de vehículos estos podrían influir o presionar a los desguaces que no adoptasen la modalidad propuesta con la amenaza de no enviar vehículos desde los concesionarios de su marca a los CAT que se negasen a colaborar. Dado que el flujo que estos centros reciben provenientes de los concesionarios en los que el consumidor ha adquirido un vehículo nuevo y ha dejado el viejo es muy importante con total seguridad el sistema se establecería con normalidad.

Vidrios

Otro de los puntos débiles del actual sistema de gestión de los VFUs el de los vidrios. Aunque por las conversaciones que he mantenido con Manuel Kindelan, director general de Sigrauto, para la elaboración de esta Tesis, ellos están convencidos de que la extracción de los vidrios podría hacerse de forma económicamente viable y de manera que el ingreso obtenido por la venta del vidrio recuperado compensaría los costes de extracción del

mismo, lo cierto es que a día de hoy ningún CAT lleva a cabo esta actividad de reciclaje.

Ilustración 72. Ejemplo de metodología para retirar vidrios laterales



Fuente. Sigrauto

Los vidrios del vehículo son de dos tipos, los de los laterales son vidrios convencionales mientras que el parabrisas delantero y el trasero están laminados. Esto quiere decir que se trata de dos planchas de vidrio que tienen en el centro una lámina plástica. Esto permite que en caso de rotura del vidrio el mismo no caiga (como si ocurre con los de las ventanas laterales) sino que se mantiene sujeto en su sitio. De esta forma se evita, en caso de rotura en accidente de tráfico, que los trozos de vidrio puedan caer encima de los ocupantes. El problema surge a la hora de retirar este vidrio ya que debe extraerse prácticamente en bloque. El vidrio lateral se recoge simplemente colocando bajo la puerta una bandeja y golpeando el vidrio.

Como comentábamos actualmente los vidrios se mantienen normalmente en el vehículo y se suelen romper a la hora de prensar y empaquetar el mismo cayendo los fragmentos al interior del propio paquete.

Una vez que el coche es fragmentado en la planta fragmentadora una parte del vidrio es aspirado y va a parar a la fracción de residuo ligero mientras que otra es enviada con la fracción pesada (puesto que el vidrio no es atraído por el tambor magnético que separa la fracción férrica).

La parte de vidrios que acaba en la fracción ligera es enviada a vertedero y la parte que va a la fracción pesada se manda a plantas de flotación donde ese separada junto con la tierra y arena que se encuentran en el proceso y se envía también a vertedero.

Lo cierto es que a juicio de Sigrauto si se reciclasen los vidrios laterales se incrementaría en un 0,8% la tasa de reciclaje del VFU y si se retirasen los parabrisas delantero y trasero la tasa aumentaría un 1,42%. De hecho y aunque no sea práctica habitual en las pruebas de niveles de recuperación que lleva a cabo SIGRAUTO incluyen la fracción de los vidrios laterales como reciclados.

De este modo se detecta un claro potencial de mejora actualmente si se reciclasen los vidrios que supondría en total (ambas fracciones) incrementar la tasa de reciclaje en un 2,22%

Grandes plásticos

Otra de las fracciones pendientes de tratar convenientemente en los vehículos es la de los grandes plásticos. Me estoy refiriendo principalmente a los parachoques y al salpicadero que son las 3 grandes piezas plásticas que tiene el vehículo.

Actualmente, salvo que el CAT estime que hay una demanda de alguno de ellos como repuesto de segunda mano, lo habitual es que dichas piezas se

empaqueten junto con el resto del coche, se fragmenten y se envíen tanto a la fracción ligera como a la pesada no metálica.

Ilustración 73. Parachoques plásticos desmontados.



Parachoques de polipropileno desmontados.

En el caso de esta última, la fracción pesada, cuando la misma llega a la planta de medios densos se está empezando a separar y, si bien no se recicla, se está enviando, al menos por parte de las dos empresas consultadas a la hora de elaborar esta Tesis (Deydesa 2000 y Mefragsa) a planta cementera como combustible alternativo al coque de petróleo pues su poder calorífico es superior al de un carbón convencional. Habiéndome puesto en contacto también con Javier Alánde, Director General de Geocycle. S.A, la empresa filial del grupo Holicim (España), S.A., y cuya actividad es la preparación de combustibles alternativos que aprovisiona a las plantas cementeras de su grupo, me ha confirmado el extremo de las declaraciones hechas por las plantas de medios densos. No obstante, también me ha informado de que el consumo que hacen de dichos plásticos ha de ser aprovisionado en no muy grandes proporciones pues se encuentran con que hay una parte de los plásticos que contienen PVC⁷⁹ y eso les provoca problemas en el horno al liberarse el cloro que contiene. En principio esto no tendría que ser un problema pues el PVC, según ha

⁷⁹ PVC: Policloruro de Vinilo

declarado Sigrauto, no es un material que se utilice en los automóviles y por lo tanto que no debería formar parte del residuo de reciclaje de los mismos. Al parecer a la conclusión que llegan es que al tratarse de un residuo que proviene de plantas de fragmentación que fragmentan además de los vehículos otros bienes fuera de uso como los RAEE y bienes de consumo convencionales que sí pueden contener PVC, la fracción pesada no metálica puede estar contaminada con este tipo de plástico en concreto.

El único estudio completo⁸⁰ sobre la posibilidad real de desmontaje y reciclaje separado de los grandes plásticos del automóvil se llevó a cabo en 1998 por ANFAC con la colaboración de parte de las organizaciones que más tarde crearían Sigrauto. Es decir Aedra y FER con la colaboración de la Universidad Politécnica de Madrid entre otros.

En dicho estudio de todos los plásticos que componen el Vehículo, sólo se enfocaron en aquellos que tenían una mayor facilidad de desmontaje: los paragolpes y los depósitos del limpiacristales.

Los paragolpes están compuestos básicamente de polipropileno y suponen aproximadamente el 40% del polipropileno que lleva el automóvil (siendo este, por cierto el plástico más abundante en el vehículo). Su peso es de unos 8,8Kg y supone el 1,13% del peso del vehículo.

El depósito limpiacristales está hecho de polietileno de alta densidad, tiene un peso aproximado de 800g y supone el 0,1% del peso del vehículo.

⁸⁰ Informe del Proyecto Colectivo para la promoción del Reciclado de catalizadores, vidrios y plásticos del automóvil. En el marco del proyecto ATYCA. Anfac. 1998.

En el estudio se analizó la otra concentración importante de plástico en el vehículo que no es otra que el salpicadero, no obstante, y dada la complejidad de su extracción se descartó desde un inicio.

Analizando por tanto los datos obtenidos se propone el establecimiento de procesos de reciclado de estos plásticos lo que incrementarían el reciclaje del VFU en 1,23%

El proceso para poder reciclar los plásticos se establece en 3 pasos:

1. Separación: se llevaría a cabo en los CAT durante el proceso de desmontaje de otros materiales reutilizables. Al no tratarse de elementos de reutilización no sería un problema que las piezas se dañasen durante la extracción. Es importante, eso sí evitar que haya elementos extraños como metales y otros plásticos en la pieza extraída. Además los operarios tienen que estar formados para no incluir otros plásticos (en ocasiones es posible, aunque poco habitual, encontrar un parachoques de fibra de vidrio o policarbonato). De todos los métodos probados el más eficaz y económico resultó el utilizar una palanca de acero.
2. Almacenamiento: Las piezas de plástico se van almacenando en un área determinada. Al no tratarse de elementos peligrosos no es necesario una superficie especialmente protegida ni que se encuentre a cubierto lo que abarata mucho esta operación.
3. Molienda: Para aumentar la densidad y facilitar el transporte se triturarán los plásticos ya sea con una maquinaria fija ya sea mediante una planta móvil que puede hacer "campañas" de trituración.

El material triturado se almacenará en *big bags* y será vendido a fabricantes de y extrusionadores de plástico que, en esa disposición sí estarían en

disposición de pagar por él. El proceso, no obstante, tiene un valor negativo estimado en 2€ por vehículo.

Residuo ligero (fluff)

Finalmente, la mayor fracción, pendiente de una solución consistente y mantenida en el tiempo es el llamado *Fluff* o Residuo Ligero de Fragmentación. Esta fracción está compuesta por todas las partes del vehículo susceptibles de ser aspiradas por la batería de ciclones que se encuentra a la salida del molino fragmentador. Son por lo tanto materiales de baja densidad y poco peso.

El más característico en el caso de los vehículos es la gomaespuma de los asientos pues si bien su peso es poco su baja densidad hace que abulte mucho en las tolvas de acumulación del residuo ligero y le den a las mismas un aspecto muy característico.

También forma parte de esta fracción materiales como las telas de puertas, techo y asientos, las maderas de las bandejas y guarnecidos, pequeños plásticos, algo de vidrio y gomas ligeras.

También se encuentra en estas fracción, cartones, papeles y una no desdeñable cantidad de tierra, proveniente tanto del propio vehículo como de la picardía de algunos CAT que tratan de ganar peso en los vehículos de cualquier forma.

En las pruebas que se han realizado se ha comprobado que hay un cierto porcentaje de metales de poco peso en esta fracción en forma de pequeños cables o láminas finas de aluminio.

Las pruebas realizadas parecen indicar que de lograrse una limpieza suficiente de esta fracción (sin tierra, vidrio, metales o pvc) podría convertirse en un combustible alternativo para plantas cementeras.

La aplicación de sistemas de gestión para las primeras tres fracciones no resueltas de las que se ha tratado sin duda mejoraría la calidad de esta fracción residual.

Por otro lado, en la medida en que los costes de vertedero se incrementen en España el balance de opciones de gestión de este residuo variará.

De aplicarse un modelo de apoyo o incentivo parcial por parte de los fabricantes de vehículos a las plantas fragmentadoras esta fracción podría destinarse a valorización energética y de esta forma permitir alcanzar el 95% de valorización total que marca la Directiva.

CAPÍTULO 5. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MODELOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)

"Al reducir el consumo y la producción podemos liberar tiempo para desarrollar otras formas de riqueza que tienen la ventaja de no agotarse al usarlas"

Serge Latouche

MARCO LEGAL

Antecedentes

La normativa europea en este campo tiene su origen en la preocupación existente en las instituciones europeas por el efecto que pudiesen tener en el medio ambiente los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (en adelante RAEEs), generados en la Unión Europea, pues se considera como algo primordial la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente, la protección de la salud de las personas y la utilización prudente y racional de los recursos naturales. Al mismo tiempo se producía año tras año un incremento en la generación de este tipo de residuos y se veía necesario crear un marco normativo que regulara dicha generación.

Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (en adelante AEE) que más tarde se convertirán en RAEE, se definirían como:

"aquellos que necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos para funcionar, destinados a ser utilizados con tensión nominal no superior a 1000 V en corriente alterna y 1500 V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos⁸¹"

La preocupación de las autoridades está motivada porque cada vez es mayor el número de Aparatos Eléctricos y Electrónicos que se utilizan en todos los ámbitos (doméstico, profesional, etc.) y porque cada vez es más corto (en términos generales) el plazo de vida de los mismos; con la lógica consecuencia de que el volumen de RAEEs aumenta notablemente (ya en el año 2000 se preveía un crecimiento a razón de un 3% a un 5% anual).

Según las estimaciones de la United Nations University (UNU)⁸², en 2014 se generaron en el mundo 46 millones de toneladas de RAEE, de las cuales solo se recicló adecuadamente el 16%. El informe estima todo el espectro de generación de RAEE y por lo tanto estima tanto los datos oficiales como una estimación de los no conocidos. Según el mencionado informe de la UNU, en el caso de España, en 2014 se generaron 17,7 Kg/habitante, lo que supuso una cantidad estimada de 817.000 toneladas. Dicha cifra contrasta

⁸¹ Artículo 3.a del Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. BOE num. 45 de 21 de febrero. Pág. 14211 a 14312

⁸² BALDÉ, C.P. y otros. *The Global E-Waste Monitor 2014*. United Nations University. Alemania. ISBN: 978-92-080-45563

con los 3,1 Kg/hab reportados por España a la Comisión Europea para 2012 según Eurostat lo que sumaría un total de tan sólo 90.594 toneladas.

En la actualidad los equipos eléctricos y electrónicos se caracterizan por tener un corto periodo de vida, pues están diseñados para funcionar por periodos programados desde su diseño en fábrica, esto ligado con la globalización y la aparición de modelos mejores o simplemente nuevos, se ven destinados a ser obsoletos al corto tiempo, originando un grave problema de residuos de este tipo.

Asimismo se considera necesario controlar los materiales peligrosos que algunos de los AEEs contienen, y a través de la valorización, reciclado y reutilización de los aparatos, economizar los recursos naturales (materias primas, energía, etc.) utilizados en su fabricación.

Por tanto se estimó necesario establecer una serie de medidas que en aplicación de los Principios Europeos en materia de medio ambiente (*el principio de cautela; el principio de acción preventiva; el principio de corrección de los atentados al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma; el principio de que quien contamina paga o la jerarquización de las diferentes opciones de gestión*), estaban encaminadas, en primer lugar, a limitar la producción de estos residuos; en segundo lugar, a fomentar su reutilización, reciclado y otras formas de valorización; y, en tercer lugar, a minimizar los riesgos y efectos para el medio ambiente que se derivan de su tratamiento y eliminación a escala comunitaria.

Dichas medidas deben estar armonizadas porque los Estados Miembros actuando por separado y de manera independiente no pueden cumplir con eficacia el objetivo de mejorar la gestión de los RAEEs. Tampoco se debe olvidar que hay que proteger el mercado interior y evitar los efectos

indeseables que pudiera tener la disparidad de legislaciones en el comercio de AEEs y la gestión de sus residuos, evitando las distorsiones que pudieran producirse en los mercados como consecuencia de dicha disparidad legislativa con criterios distintos en aspectos como prohibición de uso de sustancias, exigencia de determinados niveles de reciclado, etc.

Fruto de esta preocupación son las **Directiva 2002/95/CE** y **2002/96/CE** dirigidas a prevenir la producción de residuos que hayan de eliminarse, a reducir la nocividad de los residuos que se produzcan y a determinar una gestión adecuada a través de diversas actuaciones como la recogida selectiva y el adecuado tratamiento y valorización de los RAEEs, que se haría de forma separada a la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.

Legislación Comunitaria

Directiva 2002/95/CE sobre Restricción de utilización de determinadas Sustancias Peligrosas en Aparatos Eléctricos y Electrónicos

La Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos se publicó en el Diario Oficial de la Comunidades Europeas de 13 de febrero de 2003, día que entró en vigor. La Directiva dispone que los Estados Miembros garantizarán que, a partir del 1 de julio de 2006, los nuevos aparatos eléctricos y electrónicos que se pongan en el mercado no contengan plomo,

mercurio, cadmio, cromo hexavalente, polibromobifenilos (PBB) o polibromodifeniléteres (PBDE).

De esta manera se pretende evitar o reducir en origen, el problema que supone para la correcta gestión medioambiental de los RAEEs la presencia de metales pesados, de los retardadores de llama y de otras sustancias peligrosas, que se incremente la protección del medio ambiente y que disminuya el impacto negativo sobre la salud de los trabajadores en las instalaciones de reciclado. Dada la incidencia que esta eliminación tendría en la funcionalidad de algunos AEEs están permitidas excepciones en algunos tipos de aparatos

Directiva 2002/96/CE sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

La Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Directiva 2002/96/CE), se publicó en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas el 13 de febrero de 2003, día que entró en vigor, aunque los Estados Miembros tienen de plazo hasta el 13 de agosto de 2004 para incorporarla a su ordenamiento interno.

Es el resultado final de un largo proceso dirigido a cambiar las pautas de desarrollo, producción y consumo de los AEEs y de la gestión de sus residuos, de cara a evitar el despilfarro de recursos naturales, minimizar la afección ambiental de este tipo de residuos y mejorar el comportamiento ambiental de todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos o electrónicos

Dentro de sus objetivos se contempla la aplicación de los principios de prevención en la producción de residuos, y de jerarquía en la gestión de

los residuos, es decir la reutilización de los RAEEs y sus componentes, la valorización de los residuos que no puedan evitar ser producidos para aprovechar los recursos contenidos en los mismos y la eliminación segura de los residuos que no puedan ser valorizados.

Dentro de la regulación contenida en la Directiva, nos referiremos a una serie de cuestiones.

- Los Productores

Uno de los principios fundamentales de la normativa europea sobre gestión de residuos es el de la responsabilidad del productor, y por tanto se le responsabiliza de la correcta gestión medioambiental de los AEEs cuando devienen residuos, en aplicación de la regla "quien contamina paga".

Como productor se entiende a cualquier persona que, con independencia de la técnica de venta utilizada, incluida la comunicación a distancia:

- fabrica y vende aparatos eléctricos y electrónicos con marcas propias.
- revende con marcas propias aparatos fabricados por terceros, sin que pueda considerarse «productor» al vendedor si la marca del productor figura en el aparato, conforme al apartado anterior.
- se dedica profesionalmente a la importación o a la exportación de dichos aparatos eléctricos y electrónicos a un Estado Miembro.
- No serán considerados «productores» quienes se limiten a prestar financiación mediante cualquier acuerdo de financiación, salvo que también actúe como productor en los sentidos definidos anteriormente.

Los Estados Miembros han de elaborar un registro de productores y recabarán anualmente información sobre cantidades y categorías de aparatos eléctricos y electrónicos puestos en mercado para asignar la responsabilidad de gestión de residuos históricos en función de su cuota de mercado y obtener los conocimientos necesarios para proporcionar la información requerida a nivel europeo.

En el caso de los productores que suministren AEEs mediante comunicación a distancia también se les pedirá que faciliten información sobre las cantidades y categorías de aparatos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado del Estado miembro en que reside el comprador del aparato.

- Recogida y Tratamiento de los RAEEs

El cumplimiento de la obligación de la correcta gestión de los RAEEs incluye el tratamiento específico de los RAEEs a fin de evitar la dispersión de contaminantes en el material reciclado o en el flujo de residuos urbanos.

Este tratamiento específico precisa, según la norma de una recogida separada del flujo de Residuo Sólido Urbano, a través de una recogida selectiva. En este sentido se pide a los Estados Miembros que garanticen que como muy tarde el 31 de diciembre de 2006 se recoja, por medios selectivos, un promedio de al menos cuatro kilogramos por habitante y año de RAEEs procedentes de hogares particulares y que estén adscritos en todas las categorías que contempla la Directiva. Como más adelante podremos observar la discusión sobre el concepto de "recogida selectiva" supuso un problema de contabilización de casi dos tercios de los RAEE que se recogían y procesaban en España.

Esta recogida selectiva, además de contar con los medios e instalaciones adecuadas que permitan a los poseedores finales devolver gratuitamente los residuos, necesita la colaboración de los poseedores finales, que deben depositar los AEEs en el lugar adecuado y no a través del flujo de residuos urbanos. Para lograr esta colaboración se necesitan campañas adecuadas de concienciación por parte de la administración de modo que el poseedor final sea consciente de su papel.

En el caso español se interpretó que los lugares "adecuados" debían ser principalmente los puntos limpios municipales dejando al margen a los gestores como puntos de recogida. Hasta la transposición de la Directiva de 2012 a través del RD 110/2015, incluyendo también a los gestores autorizados como posible punto de entrega de los RAEE este punto no ha sido modificado

La recogida selectiva también se podía realizar a través de los distribuidores, que cuando suministran un aparato nuevo, deberán aceptar la entrega del aparato antiguo sin coste para el usuario, siempre que los aparatos sean de tipo equivalente y hayan realizado las mismas funciones que el aparato suministrado, exceptuando determinados supuestos, como por ejemplo cuando supongan un peligro sanitario. A esta operativa se la ha venido denominando "1x1".

Una vez recogidos los aparatos si no se reutilizan deben trasladarse a instalaciones de tratamiento autorizadas, que deben cumplir unos determinados requisitos:

- disponer de básculas para pesar los residuos tratados.
- disponer de pavimento impermeable y zonas que proceda cubiertas, dotadas de sistemas de recogida de derrames y donde sean necesarios, decantadores y limpiadores-desengrasadores.
- disponer de zonas de almacenamiento apropiado para las piezas desmontadas.
- disponer de recipientes apropiados para el almacenamiento de pilas y acumuladores, condensadores que contengan PCB o PCT y otros residuos peligrosos.
- disponer de equipos para el tratamiento de aguas que sean conformes con la reglamentación sanitaria y medioambiental.

En las instalaciones de tratamiento se somete a los RAEEs a una serie de operaciones que incluyen la retirada de una serie de componentes, sustancias y preparados en función de su peligrosidad (descontaminación), como por ejemplo condensadores que contengan PCBs; componentes que contengan mercurio; pilas y acumuladores, Clorofluorocarburos (CFC), hidroc fluorocarburos (HCFC), hidrof luorocarburos (HFC) o hidrocarburos (HC), ETC

Por ejemplo a los aparatos que contengan gases (los contenidos en espumas o en circuitos de refrigeración) que agotan la capa de ozono o tienen un potencial de calentamiento global superior a 15, se les extraerán esos gases y se tratarán de acuerdo al Reglamento 2037/2000 sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.

En aplicación de la jerarquía comunitaria que prima la reutilización sobre el reciclado y la valorización, el tratamiento de los aparatos se realizará de tal

modo que no dificulte la reutilización y el reciclado correctos, desde el punto de vista medioambiental, de componentes o aparatos enteros.

Para facilitar que el tratamiento de los RAEEs se realice de manera adecuada y respetuosa con el medio ambiente, los productores tendrán disponible información sobre reutilización y tratamiento por cada tipo de aparato nuevo puesto en el mercado, en un plazo de un año a contar desde la puesta en el mercado.

Esta información deberá identificar, en la medida en que se requiera, los diferentes componentes y materiales de los AEE, así como la localización de las sustancias y preparados peligrosos en dichos aparatos. Esta información la facilitarán los productores de AEE a los centros de reutilización y a las instalaciones de tratamiento y reciclado en forma de manuales o por vía electrónica (por ejemplo, mediante CD-ROM o servicios en línea), en el caso de que sea solicitada.

- Categorías de Residuos

En este apartado se enumeran las categorías de aparatos eléctricos y electrónicos incluidos en el ámbito de aplicación del Real Decreto 208/2005, y la lista indicativa de productos incluidos en cada una de las categorías:

Categoría 1: Grandes electrodomésticos

- Grandes equipos refrigeradores Frigoríficos
- Congeladores
- Otros grandes aparatos utilizados para la refrigeración, conservación y almacenamiento de alimentos
- Lavadoras Secadoras Lavavajillas Cocinas
- Estufas eléctricas
- Placas de calor eléctricas Hornos de microondas
- Otros grandes aparatos utilizados para cocinas y en otros procesos de transformación de alimentos
- Aparatos de calefacción eléctricos Radiadores eléctricos
- Otros grandes aparatos utilizados para calentar habitaciones, camas, muebles para sentarse.
- Ventiladores eléctricos Aparatos de aire acondicionado
- Otros aparatos de aireación, ventilación aspirante y aire acondicionado.



Categoría 2: Pequeños electrodomésticos

- Aspiradoras, Limpia moquetas y otros aparatos y difusores de limpieza y mantenimiento.
- Aparatos utilizados para coser, hacer punto, tejer y para otros procesos de tratamiento de textiles.
- Planchas y otros aparatos utilizados para planchar y para dar otro tipo de cuidados a la ropa.
- Tostadoras, Freidoras, Molinillos, cafeteras y aparatos para abrir o precintar envases o paquetes.
- Cuchillos eléctricos, Aparatos para cortar el pelo, para secar el pelo, para cepillarse los dientes, máquinas de afeitar, aparatos de masaje y otros cuidados corporales.
- Relojes, relojes de pulsera y aparatos destinados registrar el tiempo
- Balanzas



Categoría 3: Equipos de informática y telecomunicaciones

3.a) Procesos de datos centralizados

- Grandes ordenadores
- Miniordenadores
- Unidades de impresión



3.b) Sistemas informáticos personales

- Ordenadores personales (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado).
- Ordenadores portátiles (incluyendo unidad central, ratón, pantalla y teclado).
- Ordenadores portátiles tipo «notebook» Ordenadores portátiles tipo «notepad».
- Impresoras, Copiadoras.
- Máquinas de escribir eléctricas y electrónicas Calculadoras de mesa y de bolsillo.
- Otros productos y aparatos para la recogida, almacenamiento, procesamiento, presentación o comunicación de información de manera electrónica.
- Sistemas y terminales de usuario Terminales de fax, Terminales de télex, Teléfonos, Teléfonos de pago, Teléfonos inalámbricos, Teléfonos celulares, Contestadores automáticos.
- Otros productos o aparatos de transmisión de sonido, imágenes u otra información por telecomunicación



Categoría 4. Aparatos electrónicos de consumo

- Radios,
- Televisores,
- Videocámaras,
- Vídeos
- Cadenas de alta fidelidad, Amplificadores de sonido, Instrumentos musicales.
- Otros productos o aparatos utilizados para registrar o reproducir sonido o imágenes, incluidas las señales y tecnologías de distribución del sonido e imagen distintas de la telecomunicación



Categoría 5: Aparatos de alumbrado

- Luminarias para lámparas fluorescentes con exclusión de las luminarias de hogares particulares
- Lámparas fluorescentes rectas Lámparas fluorescentes compactas
- Lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos
- Lámparas de sodio de baja presión
- Otros aparatos de alumbrado utilizados para difundir o controlar luz con exclusión de las bombillas de filamentos



Categoría 6. Herramientas eléctricas y electrónicas

- Taladradoras Sierras
- Máquinas de coser
- Herramientas para torner, molturar, enarenar, pulir, aserrar, cortar, cizallar, taladrar, perforar, punzar, plegar, encorvar o trabajar la madera, el metal u otros materiales de manera similar.
- Herramientas para remachar, clavar o atornillar o para sacar remaches, clavos, tornillos o para aplicaciones similares
- Herramientas para soldar (con o sin aleación) o para aplicaciones similares
- Herramientas para rociar, esparcir, propagar o aplicar otros tratamientos con sustancias líquidas o gaseosas por otros medios
- Herramientas para cortar césped o para otras labores de jardinería.
- Otras herramientas.



Categoría 7: Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre

- Trenes eléctricos o coches de carreras en pista eléctrica, Consolas
- Videojuegos
- Ordenadores para realizar ciclismo, submarinismo, correr, hacer remo, etc.
- Material deportivo con componentes eléctricos o electrónicos
- Máquinas tragaperras
- Otros juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre.



Categoría 8: Aparatos médicos (excepto todos los productos implantados e infectados)

- Aparatos de radioterapia, Cardiología, Diálisis
- Ventiladores pulmonares Medicina nuclear
- Aparatos de laboratorio para diagnóstico in Vitro Analizadores
- Congeladores
- Pruebas de fertilización
- Otros aparatos para detectar, prevenir, supervisar, tratar o aliviar enfermedades, lesiones o discapacidades



Categoría 9: Instrumentos de vigilancia y control

- Detector de humos Reguladores de calefacción Termostatos
- Aparatos de medición, pesaje o reglaje para El hogar o como material de laboratorio
- Otros instrumentos de vigilancia y control utilizados en instalaciones industriales (por ejemplo, en paneles de control)



Categoría 10: Máquinas expendedoras

- Máquinas expendedoras de bebidas calientes
- Máquinas expendedoras de botellas o latas, frías o calientes
- Máquinas expendedoras de productos sólidos Máquinas expendedoras de dinero
- Todos los aparatos para suministro automático de toda clase de productos



- Actuación de los usuarios

Los usuarios son el elemento básico en el reciclado de los RAEEs, su labor se circunscribe al cumplimiento del deber de entrega de los AEEs usados en las instalaciones de recogida o en los puntos de concentración, de modo que sean recogidos de modo selectivo y sean gestionados adecuadamente.

Para que los usuarios sean conscientes de sus obligaciones y se les aliente a facilitar el proceso de la reutilización, tratamiento y valorización de los AEEs, los Estados Miembros velarán por que los usuarios de aparatos eléctricos y electrónicos de hogares particulares reciban la información necesaria con respecto a:

- la obligación de no eliminar los RAEE como residuos urbanos no seleccionados y de recoger dichos RAEE de modo selectivo.
- los sistemas de devolución y recogida de que disponen.
- cómo pueden contribuir a la reutilización, reciclado y otras formas de valorización de RAEE.
- los efectos potenciales sobre el medio ambiente y la salud humana como consecuencia de la presencia de sustancias peligrosas en los aparatos eléctricos y electrónicos.
- el significado del símbolo con el que están marcados los AEEs.

Ilustración 74. Símbolo de AEE



Respecto a este símbolo es importante señalar que con objeto de reducir lo más posible la eliminación de RAEE como residuos urbanos no seleccionados y de facilitar su recogida de modo selectivo, se marcan con el símbolo que se reproduce a continuación los aparatos eléctricos y electrónicos que se pongan en el mercado después del 13 de agosto de 2005.

Con este símbolo se informa a los usuarios que deben diferenciar estos residuos y que no deben depositarlos en los contenedores de resto (basura orgánica, etc.).

- Objetivos de Valorización y Reciclado

La Directiva exige que en la gestión y tratamiento de los RAEEs se alcancen unos determinados objetivos de valorización y reciclado, con el fin de asegurar que se cumplan unos mínimos que se verificarán a través de los mecanismos de vigilancia y control que los Estados Miembros estimen oportunos.

Estos objetivos podemos resumirlos de la siguiente manera:

Tabla 20. Objetivos de valorización, reciclaje y reutilización 2006

Antes de 31 de diciembre de 2006	Valorización	Reutilización y reciclado
Categorías 1 y 10 Grandes electrodomésticos y maquinas expendedoras	Mínimo 80%	Mínimo 75%
Categorías 3 y 4 Equip. Informática y teleco y electrónica de consumo	Mínimo 75%	Mínimo 65%
Resto de Categorías PAE, Alumbrado, Herramientas, Juguetes, Vigilancia	Mínimo 70%	Mínimo 50%
Lámparas de descarga de gas		Mínimo 80%

Para el cálculo de estos objetivos, los productores, o terceros que actúen por cuenta de éstos, mantendrán registros sobre la cantidad de RAEEs, componentes, materiales o sustancias que entran y salen de las instalaciones de tratamiento y de valorización o reciclado.

Destacar que pese al carácter uniforme y armonizador que tiene la Directiva, a algunos países, (Portugal, Irlanda y Grecia), debido a sus circunstancias particulares, se les permite prorrogar el cumplimiento de los objetivos, por ejemplo a Irlanda y Grecia en 24 meses.

Posteriormente una Decisión del Consejo de 30 de marzo de 2004 concedió a la República Checa, Estonia, Letonia, Lituania, Hungría, Eslovenia y Eslovaquia determinadas excepciones temporales a la Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, permitiendo a los arriba mencionados excepto Eslovenia, prorrogar el cumplimiento de los objetivos en 24 meses, mientras que a Eslovenia se le permite una prórroga de 12 meses. Otra decisión posterior, de 26 de abril de 2004, permitió la misma prórroga temporal de 24 meses para Malta, Polonia y Chipre.

Para acreditar el cumplimiento de la Directiva y de los objetivos de valorización y reciclado los Estados Miembros deben suministrar un Informe a la Comisión.

En este documento se incluirá información sobre la incorporación de la Directiva al derecho nacional; sobre la aplicación de medidas en materia de diseño del producto; sobre la aplicación de sistemas gratuitos de devolución de los RAEEs; sobre la aplicación de medidas para garantizar el tratamiento ecológico de los RAEEs; sobre la adopción de medidas que garanticen una efectiva reutilización, valorización y reciclado de los RAEEs y sobre la adopción de medidas que garanticen la financiación de la gestión de los RAEEs.

Directiva 2012/19/UE sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).

Tras 10 años de aplicación de la Directiva 2002/96/CE y observando el gran cambio producido en toda Europa tanto en la metodología de reciclaje de los RAEE como en el gran crecimiento en la generación de este tipo de residuos Bruselas ve necesario llevar a cabo una revisión de las bases legales relativas a la gestión de RAEE que le permitan adecuarse al entorno y, por otro lado, provocar un impulso hacia delante con objetivos más ambiciosos.

Así, uno de los principales cambios que introduce la Directiva es que hace un enfoque mucho más basado en el tratamiento y problemática de los RAEE y no tanto en su origen. De este modo se rehacen por completo las 10 categorías en que dividía a los RAEE la Directiva 2002/96/CE y que estaban claramente enfocadas al uso que "en vida" se había dado al aparato del que se tratase y no tanto al tratamiento que debería darse una vez devenido residuo.

Probablemente uno de los ejemplos más llamativos lo podríamos tener en los aparatos de frío pues los mismos, teniendo básicamente la misma composición y la misma dinámica de reciclado, podían estar hasta en 3 categorías diferentes. Así, por ejemplo, una nevera doméstica era Categoría 1 (Grandes Electrodomésticos), mientras que la nevera de un hospital era categoría 8 (Productos Sanitarios) y una máquina refrigeradora expendedora de bebidas Categoría 10 (Máquinas Expendedoras).

Por ejemplo, una taladradora con cable era considerada Herramienta Eléctrica (Categoría 6) mientras que una batidora de cocina era Pequeño Electrodoméstico (Categoría 4). Lo cierto es que ambos aparatos son básicamente el mismo, con un cable, un motor rotativo y un eje ambos recubiertos por una carcasa plástica.

De esta forma la nueva Directiva estructura los RAEE en función del tratamiento a que deberán ser sometidos, algo mucho más lógico, dependiendo de que sean aparatos de frío/calor, monitores, lámparas de iluminación, informática y aparatos grandes o pequeños. La clasificación queda por tanto así:

Cat.	Descripción de la Categoría	
1	Aparatos de intercambio de temperatura. (Aparatos de aire acondicionado, equipos de deshumidificación, bombas de calor, frigoríficos, etc.)	
2	Monitores, pantallas y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm ² .	
3	Lámparas	
4	Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50cm)	
5	Pequeños aparatos	
6	Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños	

Hasta final de 2005 los objetivos que plantea la Directiva son los mismos que tenía la Directiva anterior, pero a partir de 2016 se estipulan una serie de objetivos más ambiciosos. Así, en 2016 se deben recoger 45Kg de RAEE por cada 100Kg de AEE puestos en el mercado en cada país. Esa cantidad se incrementa a 65Kg por cada 100Kg puestos en el mercado o alternativamente al 85% de los RAEE generados en 2019. Es decir que se podrá cumplir por peso recogido o por número de aparatos.

Se potencia la preparación para la reutilización, si bien no se ponen objetivos concretos (algo que, como luego veremos, se desarrolla en la transposición que ha hecho España de esta Directiva a través del Real Decreto 110/2015).

Y se amplía la red potencial de puntos en los que los ciudadanos pueden depositar los RAEE.

Legislación Nacional

Real Decreto 208/2005 sobre Aparatos Eléctricos y Electrónicos y la Gestión de sus Residuos

Como hemos mencionado anteriormente, con este Real Decreto, que entró en vigor el 27 de febrero de 2005, aunque muchas de sus obligaciones no son exigibles hasta el 13 de agosto de 2005 (marcado, establecimiento de un SIG, etc.), se transpone la Directiva 2002/95/CE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos o electrónicos y la Directiva 2002/96/CE sobre Residuos de Aparatos Eléctricos o Electrónicos, modificada por la Directiva 2003/108/CE.

Al tratarse de la transposición de una Directiva, sus objetivos son los mismos que los de la normativa europea, prevenir la generación de residuos procedentes de aparatos eléctricos y electrónicos, reducir su eliminación y la peligrosidad de sus componentes y mejorar el comportamiento ambiental de los distintos agentes.

De este modo establece medidas de prevención desde la fase del diseño y fabricación de los AEEs, tendentes sobre todo a limitar la inclusión de sustancias peligrosas, determina como gestionar los aparatos eléctricos o electrónicos para minimizar la afección ambiental de este tipo de residuos, concreta las operaciones de tratamiento, que deben ajustarse a las mejores técnicas disponibles y establece los requisitos de las instalaciones de recepción y de tratamiento.

El Real Decreto aplica los principios comunitarios de quien contamina paga y de la responsabilidad del productor, que debe adoptar las medidas necesarias para que los residuos que se generen tras el uso de los AEEs puestos por él en el mercado a partir del 13 de agosto de 2005, sean recogidos de forma selectiva y tengan una correcta gestión ambiental, incluida la recogida desde las instalaciones de almacenamiento temporal establecidos por los entes locales o desde los distribuidores.

Respecto a los costes de gestión de residuos de los AEEs puestos en el mercado antes del 13 de agosto de 2005 se distingue

- residuos procedentes de hogares particulares recogidos de forma colectiva por todos los productores existentes en el mercado en ese momento, el coste se repartirá en proporción a su cuota de mercado por tipo de aparato.
- residuos no procedentes de hogares particulares en los que se sustituye el aparato por otro nuevo equivalente, el coste correrá a

cargo del productor del nuevo aparato. Si no se produce dicha sustitución, el coste correrá a cargo del usuario.

Para verificar que todos los productores cumplen sus obligaciones y no hay productores que actúen de forma ilegal, evitando que se produzcan distorsiones a la competencia, se ha utilizado el Registro de establecimientos industriales de ámbito estatal, en el que se ha creado una sección especial, que distribuirá la cuota de mercado que corresponde a cada productor, a los efectos del reparto de las cargas económicas que conlleva la gestión de los residuos. Todos los distribuidores tienen la obligación de registrarse y enviar cada 3 meses datos de los aparatos puestos en el mercado en el periodo precedente

Para cumplir con sus obligaciones los productores pueden optar por hacerlo de forma individual o a través de un Sistema Integrado de Gestión.

En el primer caso presentarán ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde hubieran declarado su condición de productor, la documentación acreditativa de su creación y deben garantizar la financiación de la gestión de los residuos de AEEs puestos por ellos en el mercado. La garantía puede consistir en un seguro de reciclado o en una cuenta bancaria bloqueada.

En el segundo caso, deben ser autorizados en la Comunidades Autónomas en las que se implanten territorialmente, indicando entre otras cuestiones los mecanismos de financiación y garantías que se establecen. Las autorizaciones se conceden por 5 años y son renovables por periodos iguales.

Los usuarios de hogares particulares pueden realizar la entrega de los aparatos usados a través de la distribución, entregando el aparato antiguo al comprar el nuevo y a través de la recogida selectiva que realizan las entidades locales de más de 5.000 habitantes.

Una vez efectuada la recogida, los residuos se trasladarán a instalaciones autorizadas de tratamiento, que deben cumplir los requisitos marcados por la normativa, donde, en su caso, serán descontaminados y se procederá a su preparación para la reutilización, reciclado, valorización y eliminación. Para facilitar la realización de estas funciones los productores deben informar a los gestores de la forma en que deben alcanzar en cada aparato los objetivos de reutilización, reciclado y valorización.

Respecto a los objetivos a cumplir, la normativa española ha aplicado una serie de objetivos entre los que se incluye un objetivo de recogida selectiva de 4 kilogramos por habitante.

Los datos sobre aparatos puestos en el mercado a nivel nacional, sobre cantidades de residuos de AEEs gestionados, etc.; se remitirán al órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique su sede social en el caso de los productores que no participen en un SIG y al órgano competente de la Comunidad Autónoma autorizante en el caso de los SIGs. Posteriormente las Comunidades Autónomas informaran al Ministerio de Medio Ambiente.

Real Decreto 110/2015 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Tras 10 años de funcionamiento del RD 208/2005 y tras la aprobación de la Directiva 2012/19/UE y la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados

en este año 2015 se ha aprobado el nuevo Real Decreto 110/2015 que ha sido aprobado con la intención de ser una norma que de respuesta a los nuevos objetivos y retos que marca la Directiva y dando respuesta a los cambios producidos en el sector del reciclaje de RAEE en los 10 años transcurridos.

El Real Decreto estableció una serie de medidas que mejoraban la trazabilidad de los residuos y los requisitos técnicos de tratamiento. Del mismo modo se regulan las obligaciones de los distintos integrantes en la cadena, la recogida, la preparación para la reutilización, los traslados, la responsabilidad ampliada del productor y la forma en la que se informa a las Administraciones Públicas.

El RD ha incrementado el objetivo de recogida separada al 85% de los RAEEs generados en 2019. Además se incrementa el objetivo de valorización entre el 70% y 85% dependiendo de la categoría.

Una de las principales novedades del Real Decreto es el que por primera vez en toda la Unión Europea se ha establecido un objetivo cuantitativo de preparación para la reutilización de el 2% o el 3% (dependiendo de la categoría) a partir del verano de 2017. Un año después el objetivo se incrementará en un 1% en cada una de las 2 categorías. Esta medida supone sin duda uno de los principales impulsos al cumplimiento de la jerarquía de gestión de residuos que antepone siempre la reutilización a otras formas de gestión como el reciclaje o la valorización energética.

Además se amplía la red de opciones que los ciudadanos tienen para desprenderse de los aparatos en desuso, así, los establecimientos superiores a 400 m² en lo que se vendan este tipo de aparatos deberán aceptar el depósito de este tipo de dispositivos de pequeño tamaño independientemente de que el ciudadano compre o no otro.

Otra de las opciones que se presenta al ciudadano en este Real Decreto es la depositar los RAEE directamente en un gestor autorizado. Eso implica que, en gran medida la red capilar de pequeños centro de gestión de chatarras que está autorizada para almacenar RAEE podrá llevar a cabo su actividad de una forma normalizada. De esta forma además, sin duda se incrementará la cifra oficial de RAEE recogido que actualmente en España está sólo en el 30% debido en parte a que solo se contabilizan aquellos RAEE que están bajo el control de los Sistemas Integrados de Gestión o Sistemas de Responsabilidad Ampliada del Productor (SRAP). De esta manera se fortalece y hace más "realista" la trazabilidad de dichos residuos.

LA PROBLEMÁTICA DE LOS RAE

El descubrimiento del agujero en la capa de ozono y primera gestión de desechos electrónicos.

En 1974 los investigadores Molina y Rowland⁸³ habían publicado sus resultados sobre la investigación del agotamiento del ozono por los efectos de los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Esta importante investigación ganó publicidad cuando el agujero de ozono estratosférico fue descubierto en 1985. El uso de CFC y HCFC como agentes de refrigeración y como propelentes en plásticos fue restringido en el Protocolo de Montreal⁸⁴.

El Reglamento comunitario 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo del 29 de junio de 2000, que es de aplicación directa en las legislaciones nacionales exige la valorización y tratamiento de las sustancias perjudiciales para la capa de ozono como los CFC y los HCFC de los circuitos de refrigeración y espumas aislantes de los equipos de refrigeración, sistemas de aire acondicionado y bombas de calefacción cuando se limpien o antes de desmontarlos y deshacerse de ellos.

Puesto que la fabricación y empleo de CFC fueron prohibidos, se optó por la sustitución progresiva por los hidrocarburos simples. Los hidrocarburos más utilizados como refrigerantes y agentes de expansión son, respectivamente, el isobutano y ciclopentano.

⁸³ MOLINA & ROWLAND. *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*. 1974. Nature nº 249, pg 810-812. Doi: 10.1038/249810a0

⁸⁴ El Protocolo de Montreal es una iniciativa de Naciones Unidas y fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1 de enero de 1989 para reducir la emisión de gases que agotaban la capa de ozono.

Se puede decir que hoy en día coexisten los frigoríficos que contienen CFCs, HCFC o HFC (aunque ya no se fabriquen) con aquellos que contienen hidrocarburos (HC, isobutano y ciclopentano), sustancias que se emplean para su sustitución.

La Lista Europea de Residuos (LER)⁸⁵ clasifica los frigoríficos como residuos, en cuanto AEE de cuyos poseedores se han desprendido. Sin embargo, su codificación dependerá de diversos factores: el origen del residuo (doméstico, industrial, etc.), la peligrosidad del mismo o la naturaleza de las sustancias que contenga, según sean consideradas peligrosas o no.

Además, es importante tener en cuenta que, al margen de los refrigerantes y agentes de expansión, la peligrosidad de los aparatos persiste, aunque se hayan eliminado dichas sustancias, siempre que permanezcan los aceites del circuito del compresor del mueble, los cuales han de ser extraídos en todos los casos.

Características de los RAEEs de frío

Por su especial significación, su problemática, su abundancia y cómo su gestión ha afectado a las políticas de gestión de RAEE, vamos a hacer un inciso en el frigorífico como aparato de frío por antonomasia.

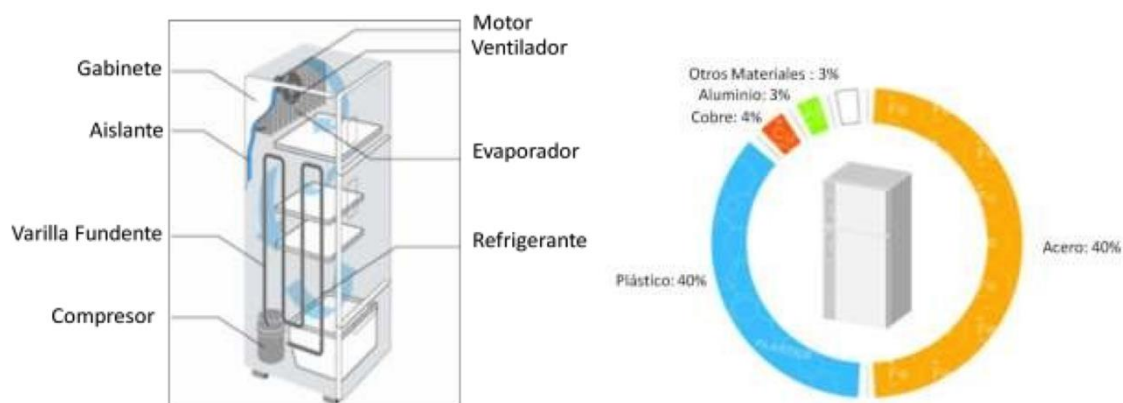
Dentro de los electrodomésticos de línea blanca, la llamada categoría 1 del RD 208/2005, este electrodoméstico representa en gran medida el éxito y el fracaso de las políticas de gestión de RAEE. Pues el hecho de que sus tasas

⁸⁵ Decisión de la Comisión 2014/995/UE. *Lista Europea de Residuos*. DOCE 30.12.2014. L 370/44

de reciclaje hayan ido aumentando año tras año hasta rozar el 98%⁸⁶ en la actualidad supone sin duda un éxito del sistema establecido de gestión de RAEE.

No podemos olvidar que el frigorífico se trata de un RAEE peligroso por el aceite y sobre todo por el gas que tiene en su circuito y en su propia estructura.

A continuación se recoge un esquema⁸⁷ con la estructura y composición de un frigorífico desde el punto de vista de su reciclabilidad y tratamiento.



Compresor

El compresor está cubierto con una gruesa capa de acero, rellena con varios componentes incluyendo motores de acero y una torre de cobre. El rol principal es condensar el refrigerante antes de que se licue.

Evaporador

Esta parte convierte el refrigerante de gaseoso a líquido. Contiene acero y aluminio los cuales pueden ser reciclados.

⁸⁶ Fuente: Planta de Reciclaje de Frigoríficos de Grupo Lyrsa en Mejorada del Campo (Madrid).

⁸⁷ Agencia de Medio Ambiente de Bavaria. Alemania. 2001



Ventilador

Esta hecho de plástico ABS y es utilizado para soplar aire frío en el interior de la heladera. Los ventiladores viejos son enviados a contratistas especializados.



Varilla fundente

El calor producido por el refrigerante cuando este pasa de gas a líquido es lanzado por la varilla fundente. Está constituida por un caño de cobre y acero que puede ser reciclado.



Aislante

La espuma de uretano es usada como aislante para prevenir que el aire frío del interior escape o el aire caliente del exterior ingrese. Durante el proceso de reciclado algunos fluorocarbonos contenidos en la espuma son extraídos y colectados separadamente. De esta manea se detoxfica la espuma.



Motor

El motor provee la fuerza motriz necesaria para girar el ventilador. Contiene materiales como acero, cobre y plástico que pueden ser reciclados.



Gabinete

Está constituido por láminas de acero pintadas exteriormente. Es enviado a la planta de fundición para su reciclaje

España cuenta actualmente con una red suficiente (incluso excesiva) de plantas especializadas en la gestión de frigoríficos. Todas, salvo la del Pont de Villomara (Barcelona) han sido construidas en los últimos 10 años al amparo de la financiación que auguraban los Sistemas Integrados de Gestión.







El caso es que en 2014 se vendieron en España 1.231.200 frigoríficos⁸⁸ y las plantas actuales tendrían una capacidad suficiente como para tratar por

⁸⁸ Fuente: ANFEL

encima de los 2.000.000 de unidades al año. Parte del potencial problema surge de que cada Comunidad Autónoma tiene a querer tener "su propia planta" y en todos los estudios económicos se cuenta con los frigoríficos que genera esa Comunidad y una parte de los que generan las Comunidades vecinas. El problema de sobrecapacidad surge cuando las Comunidades vecinas siguen las misma práctica.

En cualquier caso, el frigorífico es una fuente de materias primas importante como podemos ver en la tabla siguiente.

Tabla 21. Materiales del frigorífico y su recuperación

		Acero	Planta de fundición	Reutilizado como material de acero.
		Componentes del molde	Fabricantes de componentes	Reutilizados como componentes para nuevos compresores.
		Cables de cobre	Planta de Fundición	Reutilizado como material de cobre.
		Aluminio	Planta de Fundición	Reutilizado como material de aluminio.
		Metales mezclados	Planta de Fundición	Reutilizado como materiales de aluminio y cobre.
		Espuma de uretano	Fabricante de resina, etc.	Material aislante para dispositivos eléctricos y otras aplicaciones como material de construcción.
		Plásticos (PP,PS)	Fabricante de resina	Reutilizado como material plástico
		Otros materiales (polvo)	Planta de incineración	Procesado apropiadamente.
	Fluorocarbonos	Compañía especializada en el tratamiento de fluorocarbonos	Procesado apropiadamente.	

Sigue existiendo aun hoy en día un alto porcentaje de gestión ilegal de los frigoríficos con el consiguiente daño ambiental.

Ilustración 75. Ejemplos de gestión ilegal de frigoríficos



ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Introducción al Estudio sobre los RAEE en España

En 2003 en España se encontraba en una situación de preparación ante la transposición de la Directiva 2002/96/CE sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Las organizaciones relacionadas con la gestión de estos residuos así como los productores de AEE, a los cuales la Directiva en virtud del principio de Responsabilidad Ampliada del Productor hacía responsables de la consecución de los objetivos de recogida y reciclaje de los RAEE, se encontraban trabajando junto con el Ministerio de Medio Ambiente en la preparación de lo que luego sería el Real Decreto 208/2005 sobre Aparatos Eléctricos y Electrónicos y la Gestión de sus Residuos.

En aquel momento se estaban concibiendo las estructuras y sistemas para dar respuesta a las exigencias planteadas y se barajaba el modelo a elegir. La Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Electrodomésticos (ANFEL) y la Asociación Nacional de Fabricantes de Pequeños Electrodomésticos (FAPE), proyectaban la creación de un sistema integrado de gestión emulando el modelo de Ecoembes, pues era en aquel momento el SIG con mayor reputación.

Tanto ANFEL como FAPE se encontraban con el problema de que la gestión y reciclaje de los residuos de sus aparatos era algo que nunca había formado parte de su día a día y, por lo tanto, prácticamente desconocía qué se estaba haciendo con ellos.

En una conversación mantenida con José Ramón Carbajosa, entonces Director General de ANFEL en el seno del Comité de Medio Ambiente de la

Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal (CONFEMETAL)⁸⁹ en febrero de 2003, este planteó que:

“Iban a crear una organización que resolviese el problema de los Residuos Eléctricos en España y acabase con la imagen de las lavadoras contaminando el cauce de los ríos”.

Una afirmación de este tipo respondía más a una serie de ideas preconcebidas y no tanto a la realidad.

Yo me encontraba en dicha reunión en representación de la Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER) que representaba a los recicladores por lo que intervine para tratar de aclarar el error. Se estableció un debate público en el que le planteé que el hecho de que la gestión no fuese conocida ni regulada no implicaba que la misma no se estuviese haciendo.

Le propuse que, antes de tomar la decisión de optar por uno u otro modelo de Sistema Integrado de Gestión y aprovechando que al menos habrían de pasar dos años para la aplicación del futuro Real Decreto de RAEE se llevase a cabo un estudio de campo que tuviese como objetivo conocer el flujo que en ese momento estaban siguiendo los RAEE así como el tratamiento que se estaba dando a los mismos y el grado de eficacia de dicho tratamiento.

Es así, como surge el Primer Estudio sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en España en colaboración entre ANFEL y FAPE (más tarde representados ambos por la Fundación ECOLEC) y por la FER, que tuve el placer de dirigir y llevar a término. Y que permitió diseñar el que

⁸⁹ CONFEMETAL es una de las organizaciones perteneciente a la Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE)

sería el modelo de aplicación y gestión de RAEE que ECOLEC ha puesto en funcionamiento en los 10 años siguientes.

Objetivos del Estudio

Objetivos Científicos

El objetivo primordial del Estudio era el conocimiento cualitativo y cuantitativo de la actuación en el campo de la recuperación de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos por parte de los miembros del sector de la Recuperación.

Objetivos Tecnológicos

Estudiar las técnicas y metodologías empleadas por el sector de la recuperación en su labor de reciclado de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos y sus actuaciones para el cumplimiento de los requerimientos marcados en el Real Decreto 208/2005.

Objetivos Medioambientales

El principal objetivo del estudio en el ámbito medioambiental era iniciar desde la posición existente una reducción del impacto ecológico que los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos pudieran eventualmente producir, incorporando al ciclo de reciclado el máximo de materiales que fuera posible reciclar, reduciendo en la misma medida su depósito en vertedero, potenciándose de esta manera su valorización, recuperación y reciclado.

Objetivos Económicos

Se pretendía optimizar el sistema de gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos de manera que el coste que supusiera para el conjunto de la sociedad la gestión medioambientalmente correcta de estos residuos fuera el mínimo posible en cada momento.

Alcance

El Estudio se circunscribió a todo el territorio nacional. Se analizó el panorama en aquel momento previo a la entrada en vigor de la legislación de la recuperación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en España, centrándose en:

- la cantidad y origen del residuo,
- los flujos de movimiento de materiales
- los destinos de los RAEEs objeto del estudio.

En este sentido el estudio se centró principalmente en los RAEE pertenecientes a las categorías 1, 2, 6, y 10, es decir Grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, Herramientas eléctricas y electrónicas y Máquinas expendedoras), pero sin olvidar lo referido a las categorías 3 y 4 (Equipos de informática y telecomunicaciones y Aparatos electrónicos de consumo) en la medida en que se dispusiera de información sobre los mismos.

La fuente básica de los datos obtenidos de recuperación, fueron los asociados a la Federación Española de la Recuperación (FER), más las consultas realizadas a empresas pertenecientes a otras asociaciones de recuperadores (GREMI, PYMEV, FEMEPA, RECOMETAL o ARMETAL), y por

supuesto a todas aquellas empresas no asociadas a las anteriores que pudieran suministrar datos de interés.

Metodología

El Estudio se desarrolló en 3 fases que aquí se detallan.

Análisis y diseño de Actividades

En esta fase se estudiaron las diversas alternativas para la realización del Estudio, las actuaciones a desarrollar y se programaron las actividades, formatos y contenidos.

Análisis de la Gestión de los RAEEs

En esta fase se realizaron las actividades necesarias para la obtención de datos, (visitas, pruebas Piloto, realización de encuestas, etc.) y se elaboraron las bases de datos necesarias para representar la situación por comunidades autónomas y a nivel nacional.

Análisis de los Resultados y preparación de documentación

En esta fase se analizaron las informaciones recibidas (datos cuantitativos y cualitativos) para conocer la situación de la recuperación de estos materiales y se redactaron los contenidos del Estudio, incluyendo los resultados y conclusiones obtenidos.

Entidades Participantes

- **Fundación ECOLEC**: Fundación que aúna a la gran mayoría de los productores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, que son representados fundamentalmente a través de dos asociaciones,

ANFEL y FAPE, Fabricantes de electrodomésticos de línea Blanca y pequeños electrodomésticos respectivamente; cuya voluntad era convertirse en un Sistema Integrado de Gestión de los RAEEs contemplados en las categorías 1,2, 6 y 10 (Grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, Herramientas eléctricas y electrónicas y Máquinas expendedoras).

- **Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje (FER):** Asociación empresarial Nacional que aúna a las principales empresas de reciclado y recuperación de materiales, principalmente metálicos (ferrícos y no ferrícos).

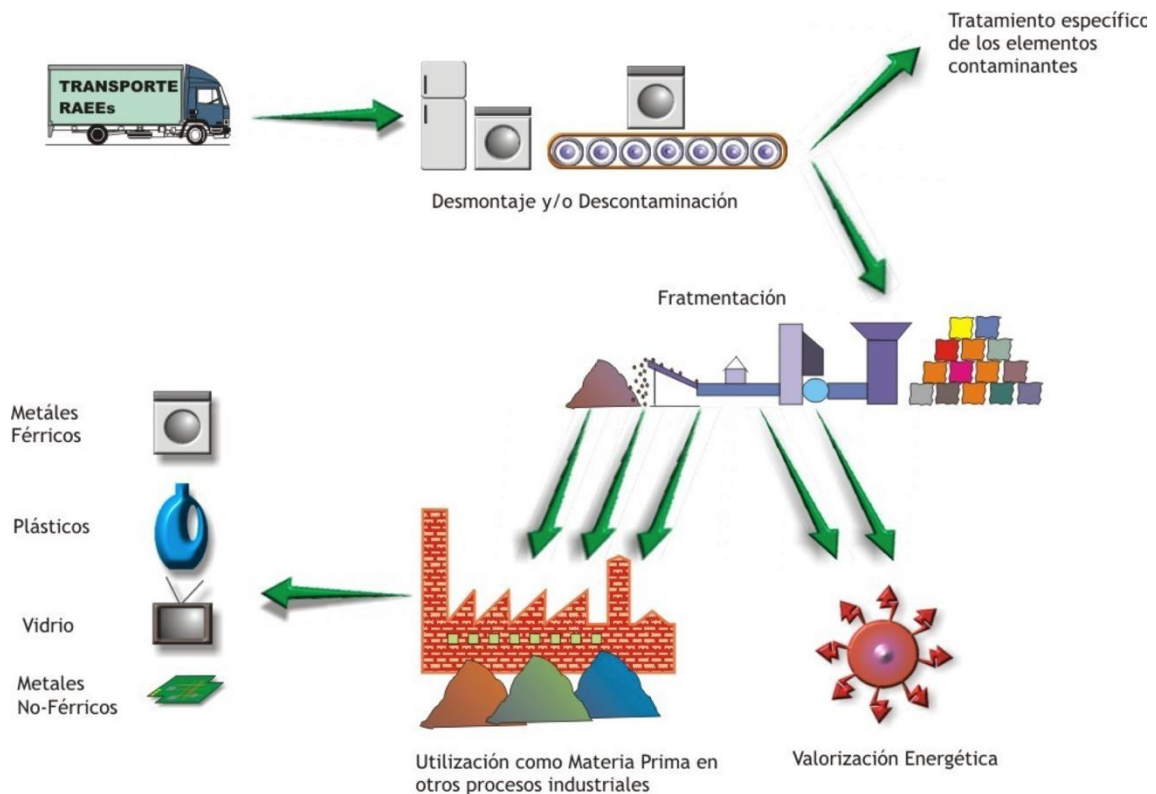
Proceso de Reciclaje de los RAEE

En este apartado se hace una descripción del ciclo de vida de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEEs), en las etapas que corresponden a la gestión de dichos aparatos una vez alcanzada el final de su vida útil.

El proceso de reciclaje comienza en el momento en el que el AEE es desechado, recogido y transportado para su almacenaje y posterior tratamiento, y finaliza una vez obtenidas las materias primas a partir de las cuales se fabricarán nuevos AEE, u otros productos para su puesta en el mercado, es decir, su nueva introducción en el ciclo de vida.

Se desarrollan con especial profundidad las etapas que corresponden a su recogida, almacenamiento y tratamiento para la obtención de materias primas secundarias.

Ilustración 76. Proceso de reciclaje de los RAEE



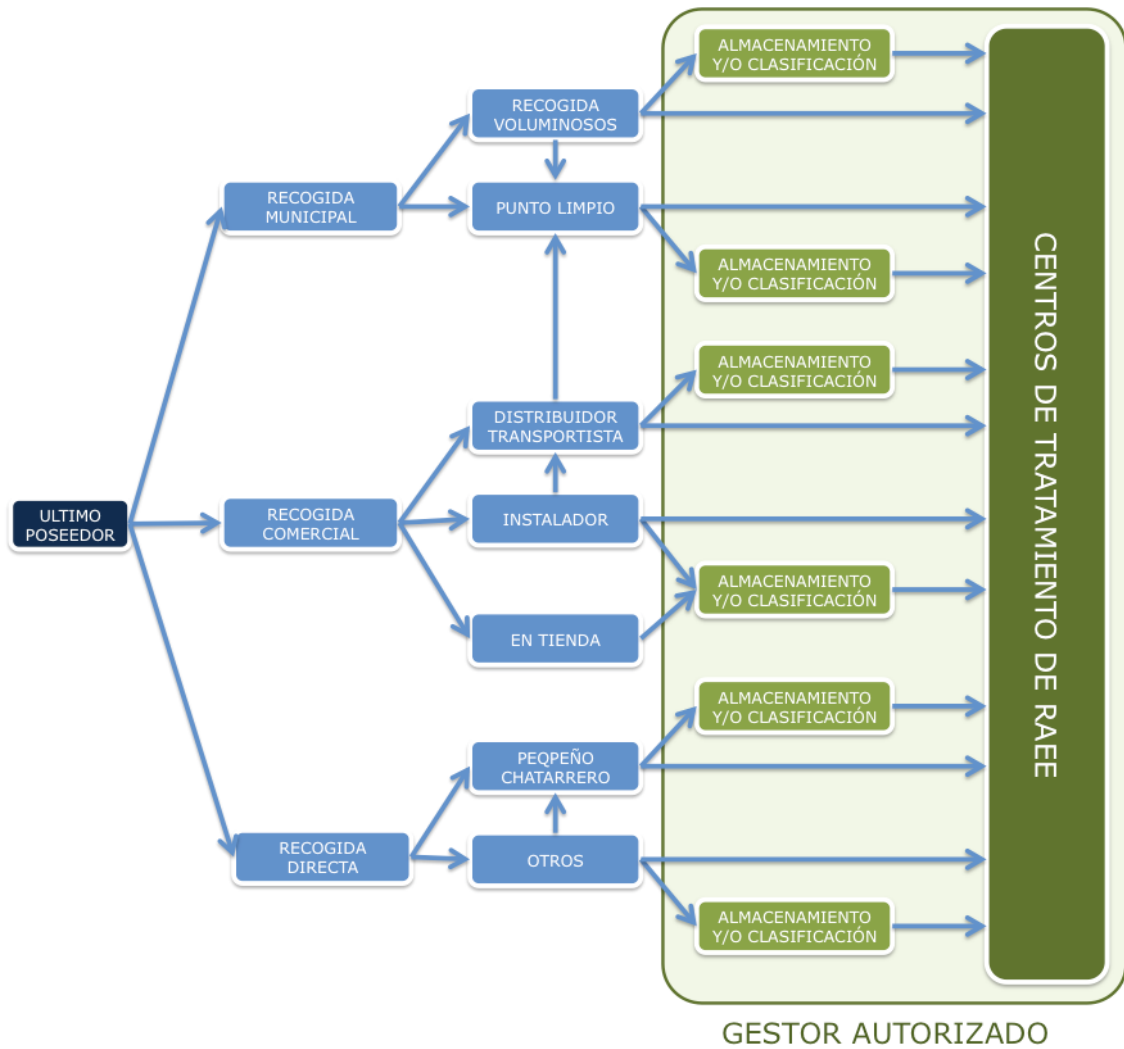
Fuente. Elaboración Propia

La Recogida de los RAEE

En este apartado se describen los flujos de recogida y transporte de los diferentes tipos de aparatos eléctricos y electrónicos, desde el momento en que son desechados por su último poseedor, hasta las instalaciones de tratamiento.

El último poseedor del AEE, una vez finalizada su vida útil, cuenta con diferentes vías para entregarlo o depositarlo en los distintos agentes involucrados en el reciclaje de estos aparatos, si bien, dependiendo del tipo de aparato, la vía utilizada mayoritariamente será una u otra tal y como se describe a continuación

Ilustración 77. Flujo logístico del RAEE



Fuente. Elaboración propia

Recogida Municipal

En aquellos municipios en los que el Ayuntamiento haya establecido una recogida periódica de enseres y voluminosos, el último poseedor de los AEEs puede depositarlo junto a los contenedores de recogida municipal o en el lugar que se haya designado a tal efecto. Serán camiones específicos de

recogida municipal, o una empresa contratada para ello los que harán la recogida de los AEEs desechados junto con otro tipo de productos que han llegado al final de su vida útil, esta es la denominada "Recogida Municipal de enseres y Voluminosos".

Por otro lado, podemos incluir dentro de la recogida municipal, los aparatos que el usuario por sus propios medios deposita en los denominados "Puntos Limpios", lugares diseñados para que sean almacenados temporalmente de forma clasificada diferentes tipos de residuos de procedencia domiciliaria, estos "Puntos limpios" pueden denominarse de diferente forma según la Comunidad Autónoma donde se encuentren, por ejemplo "Deixellerias" en Cataluña, "Garbigunes" en el País Vasco.

También, en la mayoría de los casos, los aparatos desechados y recogidos según la "Recogida Municipal de Voluminosos" son almacenados temporalmente en estos "Puntos Limpios" para su posterior envío a plantas de clasificación o tratamiento.

Ilustración 78. Recogida Voluminosos y en puntos limpios



Recogida de Voluminosos



Almacenamiento en "punto limpio"

Recogida comercial

Los aparatos de línea blanca, y dentro de estos los más voluminosos, es decir, lavadoras, frigoríficos, lavavajillas, etc., son en muchos de los casos recogidos de los domicilios por los propios distribuidores, o transportistas subcontratados por estos, cuando hacen entrega de un aparato nuevo del mismo tipo, retirando el aparato viejo sustituido. A este modelo de recogida se le denomina 1x1 ya que se recoge el viejo al entregar el nuevo. También es frecuente encontrar contenedores en los propios establecimientos comerciales para que los ciudadanos puedan depositar en ellos los RAEE de pequeño tamaño (móviles, pequeños electrodomésticos, etc.).

Un caso particular, y minoritario dentro de la recogida de los aparatos objeto de este estudio, son los Aires Acondicionados, que bien pudiendo seguir las vías de recogida descritas anteriormente, en algunos casos son retirados por los propios instaladores de dichos aparatos cuando es sustituido por uno nuevo.

Ilustración 79. Recogida de distribuidores



Recogida directa

Por recogida directa denominamos la acción realizada por pequeños chatarreros y otros agentes que retiran aparatos que han sido depositados por los usuarios de manera incorrecta en zonas no adecuadas, sobre todo en aquellas zonas geográficas que por su baja población no hay establecidas recogidas organizadas.

Ilustración 80. RAEEs depositados de manera incorrecta



Almacenamiento y/o clasificación

Una vez recogidos los AEEs según lo descrito con anterioridad, estos son transportados dependiendo de la vía utilizada para su recogida, a diferentes centros de almacenamiento, clasificación y/o tratamiento.

Ilustración 81. Almacenamiento temporal de frigoríficos para su clasificación y tratamiento



En el caso de los distribuidores, en algunos casos son almacenados en centros propios donde hacen acopio de este tipo de material hasta que existe una cantidad suficiente para optimizar el transporte a centros de almacenamiento, clasificación y/o tratamiento.

El siguiente paso podrá ser común para todos los agentes, ya que serán transportados, o recogidos según el caso, para ser llevados a centros de almacenamiento y clasificación para su posterior envío a centros de tratamiento, o bien enviados directamente a los centros de tratamiento.

A todas estas formas de recogida y transporte procedentes del último poseedor, podemos añadir una fracción de material que por diferentes causas, no sale al mercado y queda en los almacenes del productor, estos serán transportados directamente a centros de tratamiento para ser procesados.

Tratamiento de los RAEE anterior al Real Decreto de 2005

Una vez recogidos los aparatos desechados desde sus puntos de recogida, o centros intermedios de almacenamiento y/o clasificación eran transportados hasta los centros de tratamiento.

Los centros de tratamiento de este tipo de aparatos, eran en su mayoría, empresas cuyo objeto principal era la recuperación y reciclado de materiales metálicos, en las que se separaban, clasificaban y acondicionaban los materiales para su posterior suministro a empresas del sector siderometalúrgico.

El material recepcionado en estas plantas era de diferentes tipos; vehículos fuera de uso, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, materiales

metálicos procedentes de demoliciones, recortes metálicos de producción, etc. No obstante, existían, dentro del sector, algunas empresas que se habían especializado en el tratamiento exclusivo de alguno de estos tipos de materiales. Por ello, la morfología de los materiales que llegaban a las plantas era muy diversa, y estaba directamente ligada a su procedencia y tipo de recogida de la que había sido objeto.

El caso de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, era uno más de los productos recepcionados en estas plantas, con lo que su forma de recepción podía ser de manera separada, o mezclados con otros de materiales.

En las plantas se recibía este tipo de forma separada cuando la recogida había sido realizada por los distribuidores o transportistas. Esto también ocurría cuando la procedencia era el "Punto Limpio", o independientemente de su recogida en origen había sido almacenado y clasificado en un centro intermedio.

En otros muchos casos el material era recepcionado mezclado con otro tipo de productos que no eran ámbito del estudio. En consecuencia, para el estudio y de cara a obtener los datos cuantitativos, se identificó que la práctica totalidad de los RAEEs, si eran recepcionados de manera separada se los catalogaba como Línea Blanca, donde por lo general, exclusivamente se recibían grandes electrodomésticos.

Por otro lado, cuando estos aparatos no eran recibidos de manera separada, llegaban incluidos en las partidas de Chapajo, categoría donde se encontraban mezclados diferentes tipos de materiales en los cuales también se encuentran los RAEEs.

Ilustración 82. Ejemplos línea blanca y chapajo



Clasificación Línea Blanca



Clasificación Chapajo

No obstante,, de manera puntual, se recibían partidas compuestas únicamente por residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que no eran grandes electrodomésticos, procedentes de servicios técnicos en el caso de los PAEs y herramientas eléctricas, o de origen industrial como es el caso de las máquinas expendedoras.

A continuación se definen las diferentes etapas del proceso de tratamiento a que eran sometidos de forma general los productos recepcionados en estas plantas, sin olvidar que existían algunos centros cuyo objeto era el tratamiento exclusivo de RAEEs en alguna de sus categorías.

Recepción, Almacenamiento y Fragmentación

En la actividad desarrollada en este tipo de plantas se incluye la recepción, preparación, separación, trituración, clasificación y expedición de los materiales resultantes al correspondiente destino final. Los materiales objeto de este proceso, llegan a las plantas fragmentadoras de diferentes procedencias; de otros almacenes de chatarra, directamente de centros de producción, fabricas, etc.

Las plantas fragmentadoras cuentan con un sistema de detección de materiales radiactivos ubicado en el acceso principal, y por el cual pasan todos los materiales tanto de entrada como de salida. Una vez realizada la inspección radiológica, se realiza un pesaje de la mercancía mediante báscula a fin de llevar un completo registro administrativo tanto en papel como informático.

Una vez realizado el pesaje, se realiza la descarga controlada de los materiales en aquellos lugares habilitados para tal fin, así como una inspección visual de la mercancía para, comprobar que el contenido es el indicado por el proveedor, identificar la calidad del material y asegurarse que al material no acompañen residuos para los que no se disponga de autorización o no sean ámbito de la actividad. Así mismo, en esta etapa, se realiza una primera clasificación del material atendiendo a los criterios de calidad y de proceso.

El almacenamiento de los materiales se realiza en las zonas para ello preparadas, situadas en las inmediaciones del proceso. El almacenamiento previo, por regla general se realiza a la intemperie para facilitar las operaciones de descarga de los transportes y carga de los equipos que forman parte del proceso.

La alimentación de material se realiza mediante un dispositivo de carga constituido, en la mayoría de los casos, por una grúa fija con un brazo articulado de largo alcance que dispone de un pulpo hidráulico en su extremo. El material se descarga en la boca de entrada de la fragmentadora, que puede estar diseñada de diferentes formas, siendo las más comunes, las tolvas, los transportadores de placas a nivel del suelo y las bandejas basculantes en altura.

Una vez posicionada la carga según los sistemas descritos anteriormente, esta se conduce hasta la zona de fragmentación propiamente dicha.

Dependiendo del tipo de planta fragmentadora, esta puede contar con un pre-fragmentador, cuya función es realizar una desmembración previa del material, sobre todo, en el caso en el que sean paquetes prensados, aunque para el tipo de material objeto de este estudio no sería necesario dado que no es de una especial robustez. Esta etapa previa cumple su verdadera función en otro tipo de materiales de entrada como pueden ser los vehículos empaquetados.

Una vez cargado el material, este llega hasta los rodillos situados delante de la boca del molino fragmentador. Dichos rodillos atrapan el material aplastándolo en su giro, e introduciéndolo en la cámara de fragmentación de forma controlada

Dentro de la cámara de fragmentación se encuentra el molino de martillos que está constituido por un eje central sobre el que se encuentran calados una serie de discos de acero, en cuya periferia se encuentran situados, a través de una serie de taladros, los ejes pasantes sobre los que se colocan los martillos de forma oscilante.

El material, al entrar en el molino, es golpeado por los martillos contra un yunque solidario al bastidor del mismo. Dichos martillos tienen un doble movimiento de giro, el primero solidario al eje central, el segundo sobre su propio eje.

Este proceso de fragmentación por golpeo, prosigue hasta que los trozos de material tienen unas dimensiones suficientemente reducidas como para salir por los intersticios de la parrilla situada en la parte inferior de la cámara.

La evacuación del material fragmentado que pasa a través de las parrillas del molino, se realiza mediante una bandeja vibratoria que se encuentra situada bajo las aberturas de salida del molino fragmentador.

La función de esta bandeja, es recibir el material fragmentado que sale del molino, y posicionarlo en una cinta transportadora que conduce el material hasta la siguiente etapa del proceso.

Al salir del molino triturador el material es sometido a un proceso de limpieza por aspiración. esta etapa, mediante un conducto en forma de zig-zag, dotado de una tolva en su parte superior, situada bajo la parte final de la cinta transportadora que conduce el material fragmentado, se produce la separación de los materiales no metálicos ligeros. El golpeo del material contra las paredes interiores del conducto durante su caída en cascada, produce el desprendimiento de las partículas de material ligero, pasando al flujo de aire de aspiración que circula en contracorriente. En la salida inferior del conducto, el material es recibido por una bandeja vibratoria que dosifica de manera adecuada al separador magnético el material fragmentado.

El material ligero retirado por la aspiración se deposita en una cinta transportadora que lo conduce hasta la salida, siendo una de las fracciones de salida del proceso, denominada Residuo Ligero (Fluff).

Tras la etapa de aspiración el resto del material pesado es separado. Mediante un tambor magnético se realiza la separación de los metales férricos del resto de material fragmentado. Los fragmentos de material férrico son atrapados por el campo magnético del imán situado en el interior del tambor, atrayéndolos contra la superficie del mismo, de forma que los arrastra en su giro hasta que a la salida del campo magnético del imán,

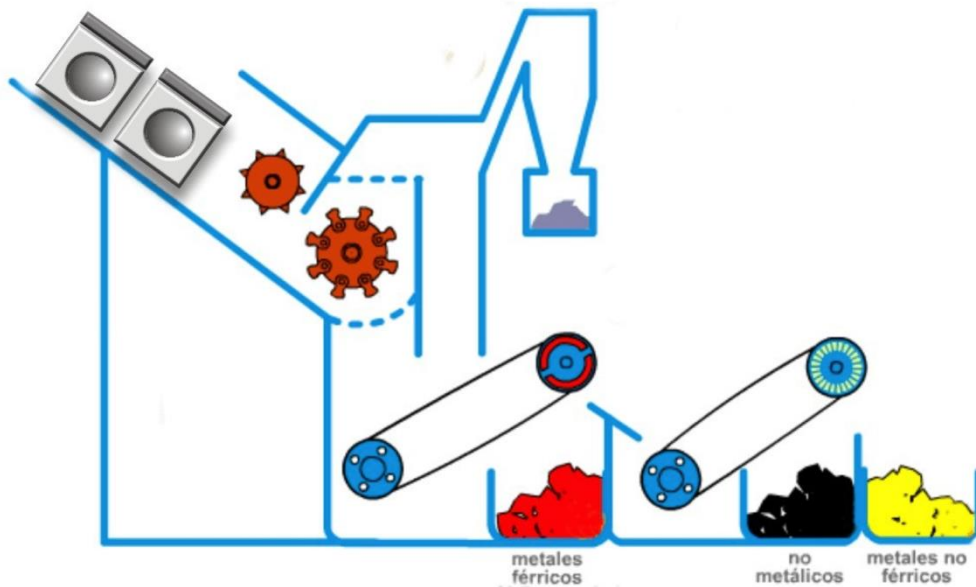
que sólo ocupa un arco del tambor, caen a una cinta transportadora que los conduce a la zona de triaje manual.

La parte no férrica, al no ser atrapada por el tambor magnético, cae a una cinta transportadora que la conduce, según el caso, a la zona de triaje manual o al exterior para su apilamiento. Esta fracción de salida se envía a una instalación de medios densos para la separación de los metales que contiene.

El material férrico, separado por el tambor magnético, es recogido por una cinta transportadora, que al ser horizontal, y estar dotada de uno o varios puestos de triaje manual, permite eliminar los elementos no férricos que puedan haber quedado atrapados junto con el material férrico (cables, piezas de otros metales no liberadas completamente, etc.). Del mismo modo, en la línea de no férricos se hace una selección manual del material previa a su salida pues de esta forma se pueden recoger las piezas de metales no férricos de mayor tamaño directamente evitando así, que deban ser sometidas a un proceso posterior de separación para extraerlas de la fracción de residuos pesados no férricos mezclados.

La cinta transportadora horizontal que conduce el material férrico, una vez triado este, deposita el material en una nueva cinta inclinada y giratoria, que de esta manera a la salida permite conformar una pila de material férrico de sección transversal triangular que cubre un arco de aproximadamente 180° a medida que se desplaza para ir depositando el material fragmentado.

Ilustración 83. Proceso de fragmentación y corrientes de salida.



Una vez llevada a cabo la fragmentación en un molino de martillos, los productos finales obtenidos en la última etapa del proceso se almacenan de forma separada, que dependiendo de su tipología y volumen serán almacenados a la intemperie o en zonas cubiertas.

Una vez realizado el proceso completo se obtienen las siguientes fracciones de salida:

- Materiales Férricos.
- Materiales no férricos.
- Residuo ligero (Fluff).

Ilustración 84. Areas de despósito de materiales fragmentados



Metales férricos



Pesados No Férricos



Residuo Ligero

El material férrico se envía directamente a la industria siderúrgica para su fusión.

El residuo ligero, actualmente, la práctica más habitual es su eliminación mediante depósito en vertedero, aunque se están desarrollando técnicas para su valorización energética, que ya son aplicables en alguno de los casos.

Los materiales no férricos procedentes del proceso de fragmentación constituyen el principal producto de entrada de las instalaciones de medios densos, donde se envían de manera generalizada. A continuación se define este proceso que supone un afino de los materiales contenidos en esta fracción de salida de las fragmentadoras y que complementa al recogido en el capítulo 4 de esta Tesis cuando se describía la prueba piloto de fragmentación de vehículos que se llevó a cabo en 2007.

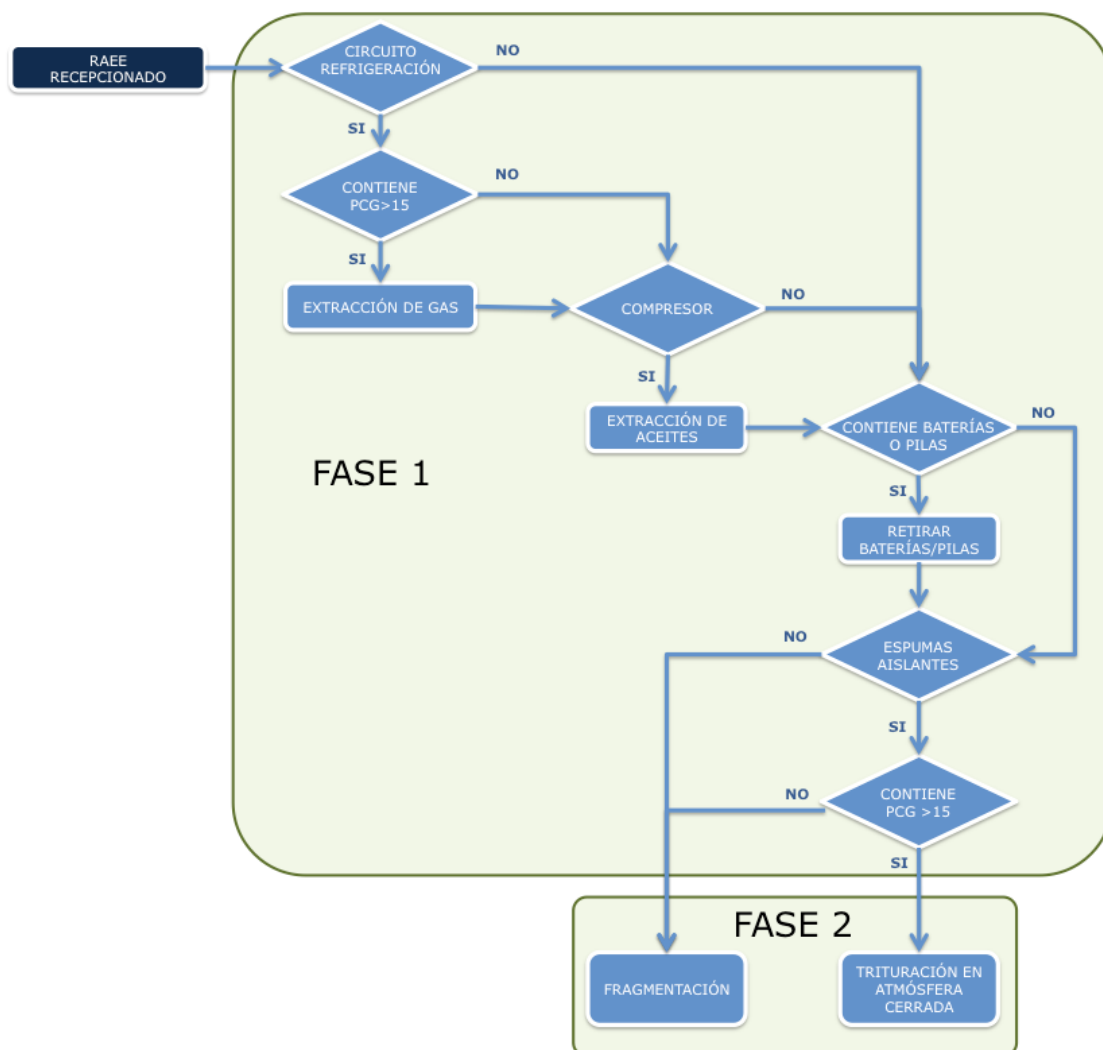
Tratamientos complementarios de los RAEE especiales.

En este apartado, se definen los diferentes procesos de tratamiento, que se desarrollaban dentro del sector recuperador de cara a adecuarse a los nuevos requisitos normativos que iba a exigir a partir de agosto de 2005 la normativa. Cuando se llevó a cabo el estudio ya se habían implantado en algunos centros de tratamiento y por lo tanto los mismos también pudieron ser analizados.

Fases de tratamiento de los RAEE

Se definió como FASE I, el conjunto de operaciones a realizar a aquellos RAEEs, que por sus características, precisan de un tratamiento previo para la extracción de los gases, aceites, baterías, etc.

Ilustración 85. Procesos Fase 1 y Fase 2 RAEE



Dado que se iba a abordar por primera vez un estudio tan amplio fue necesario desarrollar protocolos y procedimientos de cada tipología de residuos identificando los elementos potencialmente peligrosos de cada uno de los equipos y diseñando sistemas y protocolos que asegurasen la gestión correcta de los mismos.

En este apartado se describen las diferentes operaciones incluidas en la FASE I del tratamiento de los RAEEs, identificando a que tipo de RAEEs hay que realizarles estas operaciones previas.

Uno de los RAEE peligrosos (entendido así, por contener productos o elementos que de ser tratados de forma inadecuada pueden dañar al medio ambiente y a las personas) son los aparatos de frío pues contienen gases y aceites y estos tienen un potencial de dañar al medio ambiente. Es importante resaltar en este punto, pues ello fue decisivo en el diseño de la prueba piloto, que hasta 1996 el gas que se utilizaba en los equipos de frío era un Clorofluorocarbono (CFC) que dañaba la capa de ozono y tenía un coeficiente de provocar calentamiento global de entorno a 2000⁹⁰. A partir de esa fecha se cambió el gas por Pentan y Ciclopentan con un potencial de calentamiento global (PCG) en torno a 10.

Teniendo en cuenta los distintos tipos de productos incluidos en las Categorías de RAEEs ámbito del estudio, se agruparon los RAEEs según el tratamiento al que iban a ser sometidos tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22. RAEE de Frío y de No Frío en Prueba piloto

<p>GRUPO I (Frío)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes equipos refrigeradores. • Frigoríficos • Congeladores • Otros grandes aparatos utilizados para la refrigeración, conservación y almacenamiento de alimentos. • Aires acondicionados. • Máquinas expendedoras de botellas o latas frías.
---	--

⁹⁰ El Coeficiente de Calentamiento Global se define en función de su capacidad de provocar efecto invernadero en comparación con el CO₂. Así, con los CFC el que tuviesen un Potencial de Calentamiento Global (PCG) de 2000 significa que una tonelada de CFC emitida a la atmósfera equivale al PCG de 2000 toneladas de CO₂

GRUPO II (no frío)	<ul style="list-style-type: none"> • Resto de tipos de aparatos incluidos en la categoría 1, que no estén en el GRUPO I. • Categoría 2: Pequeños electrodomésticos • Categoría 6: herramientas eléctricas y electrónicas (excepto las herramientas industriales fijas permanente de gran envergadura, instaladas por profesionales. • Resto de tipos de aparatos incluidos en la categoría 10, que no estén en el GRUPO I
-------------------------------	---

Definimos como FASE I, el conjunto de operaciones a realizar a aquellos RAEEs, que por sus características, precisan de un tratamiento previo para la extracción de los gases, aceites, baterías, etc.

En este apartado se describen las diferentes operaciones incluidas en la FASE I del tratamiento de los RAEEs, identificando a qué tipo de RAEEs había que realizarles estas operaciones previas.

GRUPO I:

Según la clasificación de la tabla de la página anterior, dentro del GRUPO I se incluyeron todos los aparatos "productores de frío". Esto es debido a que de manera generalizada todos ellos necesitan de un tratamiento previo para la extracción del aceite del compresor, y según los casos, del gas del circuito refrigerador.

Para la realización de esta FASE I podemos distinguir dos tipos de aparatos, los que contienen en sus circuitos de refrigeración CFCs, HCFCs, HFCs⁹¹, es decir gases con un potencial de calentamiento global superior a 15, y los

⁹¹ CFC: Clorofluorocarbono, HCFC: Hidroclorofluorocarbono, HFC: Hidrofluorocarbono

que contienen en su circuito de refrigeración otros gases con potencial global de calentamiento inferior a 15 (p.ej Ciclopentano).

Las operaciones a realizar en la FASE I en los aparatos que contienen en sus circuitos de refrigeración gases con potencial global de calentamiento superior a 15 (CFCs, HCFCs, HFCs), fueron las siguientes:

- Extracción controlada del gas alojado en el circuito de refrigeración
- Desmontaje del compresor/es.
- Extracción del aceite contenido en el compresor.

Entre los aparatos que contienen en sus circuitos de refrigeración gases con potencial de calentamiento global (PCG) superior a 15 podemos encontrar tanto frigoríficos y congeladores, como aparatos de aire acondicionado, estos últimos, una vez realizada la Fase I, se clasificaban de forma separada pues su proceso de descontaminación terminaba ahí.

Las operaciones a realizar en la Fase I en los aparatos que contienen gases con un PCG inferior a 15 (Pentano y Ciclopentano) en sus circuitos de refrigeración eran las siguientes:

- Desmontaje del compresor.
- Extracción del aceite contenido en el compresor.

Una vez realizada la Fase I, los gases y aceites retirados eran almacenados adecuadamente para su envío a gestor autorizado.

Se clasificaron de manera separada los frigoríficos que tenían en sus circuitos de refrigeración aislantes gases con PCG superior a 15 dado que este gas también se encuentra alojado en el espumado de poliuretano utilizado como aislante en las diferentes paredes de la cámara.

Con lo que del Grupo I, una vez realizada la Fase I, se establecieron tres tipos diferentes de aparatos como fracciones de salida:

- Frigoríficos con gases con PCG>15 en el espumado de poliuretano
- Frigoríficos con gases con PCG<15 en el espumado de poliuretano.
- Aparatos de aire acondicionado.

Los frigoríficos o asimilables con gases con PCG>15 en el espumado aislante, se enviaron a Plantas Especializadas de tratamiento de frigoríficos para la realización de la FASE II.

Los frigoríficos o asimilables con gases con PCG<15 en el espumado aislante y los aparatos de aire acondicionado se enviaron a Plantas Fragmentadoras para la realización de su FASE II.

GRUPO II

Según la clasificación antes presentada, dentro del Grupo II se incluyeron todos aquellos aparatos que no eran "productores de frío". Con lo que la Fase I de este grupo se reduciría a la extracción, en aquellos casos en que fuese necesario, de las pilas y baterías.

Todos ellos, por tanto fueron enviados a plantas fragmentadoras para la realización de la Fase II.

El objeto fundamental de las operaciones incluidas en la fase II era la separación de los distintos tipos de materiales contenidos en los RAEE para poder llevar a cabo su correcto reciclaje y conocer los porcentajes de reciclaje y valorización final que podían obtenerse utilizando la tecnología e instalaciones ya existentes.

Así, en las plantas fragmentadoras se llevaba a cabo el procesado de los equipos de la siguiente tabla:

Tabla 23. Equipos enviados a Fragmentadora en Fase II

GRUPO I (Frío)	<ul style="list-style-type: none">• Frigoríficos con gases con PCG<15 en el espumado de poliuretano• Aires acondicionados
GRUPO II (no frío)	<ul style="list-style-type: none">• Todos los aparatos incluidos en el Grupo II

La Planta Especializada en el tratamiento de frigoríficos.

En el momento en que se llevó a cabo el estudio de RAEE existía un escaso número de plantas especializadas en el tratamiento de frigoríficos con espumas conteniendo gases de alto PCG. La principal se encontraba en El Pont de Vilomara (Barcelona) y era gestionada por la FCC a través de una concesión de la Junta de Residuos de la Generalitat de Catalunya. A esta planta se enviaron los aparatos pertenecientes al Grupo I consistentes en:

- Frigoríficos con gases con PCG>15 en el espumado de poliuretano.

Una vez recepcionados y almacenados, comenzaba su tratamiento según se indica a continuación⁹²:

- La extracción de CFC y aceite del circuito, se realizaba al inicio del proceso mediante un equipo compacto que aspiraba su contenido y separaba las fracciones de aceite y CFC automáticamente, facilitando su reciclado posterior.
- La extracción de CFC-11 de las espumas aislantes es mas complicada, pues no se halla concentrada ni separada sino inmersa

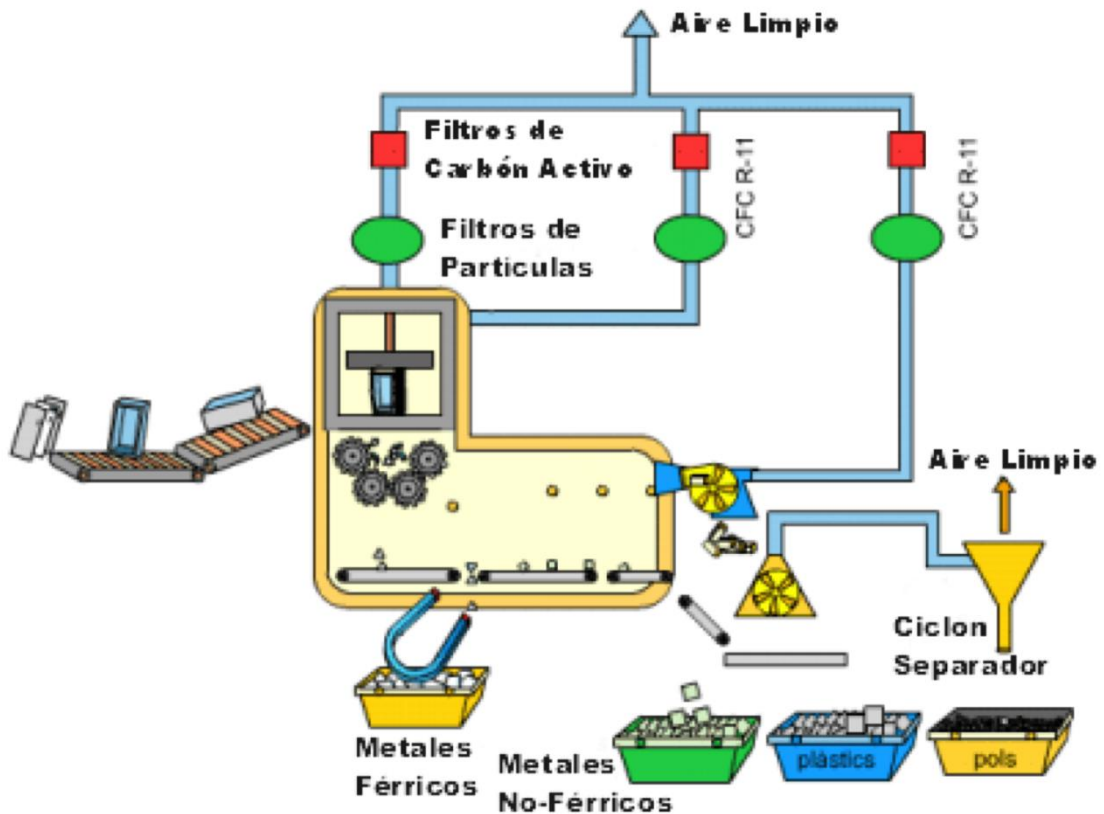
⁹² Centro de tratamiento y Reciclaje de Frigoríficos El Pont de Vilomara i Rocafort

en las celdas del poliuretano. Para conseguir un buen rendimiento de la extracción, se tritura todo el mueble primeramente y posteriormente se compactan los pequeños trozos de espuma separados, todo ello en cámaras cerradas.

- De esas cámaras el CFC extraído se conducía a un equipo capaz de retenerlo y licuarlo, ya fuera mediante equipos de filtros de carbón activo o bien mediante equipos de licuación directa con nitrógeno.
- Paralelamente a todo ello, también tenía lugar el reciclado y separación de los materiales que componían los frigoríficos. En una primera etapa por separación manual se extraían frontales y bandejas de aluminio, cables exteriores eléctricos y vidrio de las bandejas, en una segunda, por una separación automática de la ya fracción triturada mediante extractor magnético y mesa densimétrica se obtenía acero, aluminio, cobre y plásticos.

Es importante resaltar que la planta mencionada no se mostró especialmente colaboradora pues era conocedora de que se estaba llevando a cabo el estudio global de RAEE y temía que las conclusiones del mismo llevaran a limitar la cantidad de frigoríficos que debían ir indefectiblemente a ella. No olvidemos que uno de los objetivos que tenía el estudio era validar los procedimientos necesarios para que plantas genéricas de fragmentación pudiesen tratar RAEE bajo los parámetros del Real Decreto 208/2005.

Ilustración 86. Proceso en planta especializada en RAEEs de frío con CFC



Las pruebas piloto

Para el correcto desarrollo del proyecto, y de cara a conseguir los objetivos previstos en el mismo, se realizaron una serie de Pruebas Piloto en diferentes instalaciones de tratamiento de RAEEs.

Se seleccionaron estas instalaciones a lo largo de toda la geografía española con el objeto de conocer con la mayor precisión posible, los datos correspondientes a la reciclabilidad de los RAEEs.

Se establecieron diferentes tipos de pruebas, realizando, en alguno de los casos dos pruebas del mismo tipo, intentado eliminar, de esta manera,

posibles efectos puntuales que pudieran distorsionar las conclusiones a las que se llegó a partir de dichas pruebas.

Se denominó a cada tipo de Prueba Piloto según el material objeto de dicha prueba. A continuación se enumeran las diferentes tipos y se incluye una pequeña definición del proceso utilizado y los RAEE que incluían:

Tabla 24. Tipos de prueba piloto llevadas a cabo

Tipo	Denominación	Productos	Proceso
1	Línea Blanca	Grandes electrodomésticos	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentación • Medios Densos
2	Línea Blanca sin frío	Grandes electrodomésticos excluyendo Frio	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentación • Medios Densos
3	Frio	Frigoríficos y Congeladores	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentación • Medios Densos
4	Pequeño Aparatos Electrodoméstico PAE	Pequeños electrodomésticos (aspiradoras, planchas, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Fragmentación • Medios Densos
5	Aire Acondicionado	Aires acondicionados	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de aceite • Extracción de gas
6	Recogida 1x1 Frio	Frigoríficos	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de Recogida
7	Recogida en Deixallerías (puntos limpios)	Pequeño Electrodoméstico	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de Recogida

En la tabla que se recoge a continuación se resumen los resultados obtenidos en las diferentes pruebas piloto, en dicha tabla no se incorporan los datos de las pruebas 007-280105 (Recogida de frigoríficos en modalidad 1x1) y 013-150305 (Recepción de RAEE en Deixallerías área Barcelona) dado que estas se realizaron exclusivamente para la obtención de niveles de recogida.

En los anexos de esta Tesis se recoge la descripción y resultados de cada una de las pruebas realizadas, asimismo, junto con la descripción de la prueba se acompaña una ficha con los resultados que se obtuvieron.

En estos resultados se incluyen los pesos en kilogramos, y el porcentaje con respecto al total de la muestra de cada una de las fracciones de salida de la prueba.

A partir del peso total de la muestra y el de cada uno de los materiales a la salida, se obtuvieron los porcentajes de reciclabilidad, valorización y eliminación, y pudimos evaluar así, estos porcentajes con respecto a los objetivos que marcaba el R.D. 208/2005 según la categoría del RAEE.

Las pruebas pilotos fueron bastante concluyentes pues permitieron comprobar que el sector reciclador contaba con tecnología, procesos e instalaciones capaces de llevar a cabo el reciclaje de los RAEE alcanzando los objetivos de la norma.

- En Pequeño Electrodoméstico se procesaron 39.530 Kg con una tasa de reciclado del 46%, una de valorización energética del 24% y, por lo tanto una valorización total del 70%. Por lo tanto se cumplía se estaba a 4 puntos del 50% de reciclaje que exigía la norma pero se alcanzaba el 70% de valorización total.
- En la línea blanca la tasa media de reciclado de todas las pruebas fue del 68% (destacando la de aire acondicionado con un 89%), una valorización energética del 11% y una tasa de valorización total del 79%. Por lo tanto y dado que la tasa de reciclado que se exigía a la línea blanca era del 75% se estaba 7 puntos por debajo y en el caso de la valorización total, que el Real Decreto exigía una tasa del 80% se estaba a 1 punto.

Estas pruebas permitieron poner de manifiesto que existía una red capaz de gestionar los RAEE pero que necesitaba de ciertos apoyos puntuales para lograr aumentar los puntos faltantes para alcanzar los objetivos que planteaba la Directiva.

Es importante resaltar que las pruebas se llevaron a cabo sin modificar en absoluto las instalaciones y sin llevar a cabo una fase previa de extracción de plásticos o bandejas de vidrio lo que sin duda habría aumentado varios puntos el porcentaje de reciclaje y consecuentemente el de valorización total.

La conclusión clara del proyecto piloto permitió definir hasta dónde podía llegar sin más inversiones el sector reciclador en ese momento y, por otro lado, qué puntos debían ser mejorados para alcanzar los objetivos planteados.

En los años siguientes a las pruebas la colaboración entre los sectores participantes en las mismas ha permitido ir mejorando las tasas de reciclaje y valorización de tal forma que los objetivos se logren.

Tabla 25. Resumen resultados pruebas piloto RAEE

Nº Prueba	Tipo Material	Entrada (Kg)	Salidas					Ratios Prueba				Diferencia con el Real Decreto 208/2005	
			Material Férrico	Cu-Fe	Residuo Ligero	Metales Sucios		Reciclado	Valorización Energética	Valorización	Eliminación	Reciclado	Valorización
						Materiales reciclables	Estéril (Valorización Energética)						
001-101104	P.A.E.	20.130 Kg	5.640 Kg		4.200 Kg	1.940 Kg	8.350 Kg	37,7%	41,5%	79,2%	20,8%	-12,3	+ 9,2
002-021204	P.A.E.	19.400 Kg	6.940 Kg	1.160 Kg	7.520 Kg	6.260 Kg	1.260 Kg	54,7%	6,5%	61,2%	38,8%	+ 4,7	-8,8
003-021204	Línea Blanca	23.420 Kg	13.800 Kg	480 Kg	5.640 Kg	1.000 Kg	2.500 Kg	65,2%	10,7%	75,9%	24,1%	-9,8	-4,1
004-301104	Línea Blanca	103.300Kg	71.500 Kg		19.300 Kg	3.870 Kg	8.630 Kg	73,0%	8,4%	81,3%	18,7%	-2,0	+1,3
005-290105	Frío	12.720 Kg	7.360 Kg	1.520 Kg	2.700 Kg	570 Kg	570 Kg	74,3%	4,5%	78,8%	21,2%	-0,7	-1,2
006-290105	Línea Blanca sin Frío	28.320 Kg	17.300 Kg	1.000 Kg	2.620 Kg	1.554 Kg	5.846 Kg	70,1%	20,6%	90,7%	9,3%	-4,9	+10,7
007-280105	Recogida 1x1												
008-040205	Línea Blanca sin Frío	18.760 Kg	10.420 Kg		4.560 Kg	1.960 Kg	1.820 Kg	66,0%	9,7%	75,7%	24,3%	-9,0	-4,3
009-180205	Aire Acondicionado	2.000 Kg						89,4%	0,6%	90,0%	10,0%	+ 14,4	+ 10
010-100205	Línea Blanca	24.060 Kg	14.440 Kg	700 Kg	6.660 Kg	602 Kg	1.658 Kg	65,4%	6,9%	72,3%	27,7%	-9,6	-7,7
011-070305	Línea Blanca	32.500 Kg	18.250 Kg	280 Kg	10.740 Kg	1.840 Kg	1.390 Kg	62,7%	4,3%	67,0%	33,0%	-12,3	- 13,0
012-080305	Línea Blanca	38.500 Kg	20.220 Kg	760 Kg	7.680 Kg	2.510 Kg	7.330 Kg	61,0%	19,0%	80,0%	20,0%	-14,0	0,0
013-150305	Recogida en Deixallerias												

El estudio de campo y recolección de datos

El otro gran reto del estudio llevado a cabo, además de las pruebas piloto de niveles de reciclaje y valorización, fue la encuesta llevada a cabo entre todo el sector de la recuperación español para tratar de identificar dónde y en qué cuantía se estaban gestionando los RAEE en aquel momento de manera que se pudiera averiguar cuán lejos o cerca se encontraba España de cumplir el objetivo de los 4Kg por habitante y año que exigía la Directiva.

Así, se marcó como año objetivo 2004 y se desplegó un estudio sin precedentes llegando al 90% del sector de plantas finalistas de reciclaje de metales. En aquel momento se estimó que los datos cuantitativos obtenidos representaban al 85% del total de RAEEs que eran recogidos para su tratamiento, asumiendo por tanto que al menos un 15% escapaba al estudio.

Además y por cuestiones prácticas se decidió limitar la recogida de datos a las categorías 1, 2, 6 y 10⁹³. Y por lo tanto sin profundizar en las categorías 3 y 4⁹⁴, de las cuales, no obstante, se encontraron algunos datos.

Se enviaron encuestas a todas las plantas susceptibles de procesar este tipo de material pidiéndoles que reportaran la cantidad media procesada mensualmente de cada tipo de material. Además se les pedía la procedencia geográfica y, para evitar duplicidades, si se procesaba o no el material.

⁹³ Grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, herramientas eléctricas y máquinas expendedoras.

⁹⁴ Equipos de informática y Aparatos electrónicos de consumo.

Un elemento fundamental para el éxito del proyecto fue que los datos se pedían en nombre de la patronal del sector (FER) y además se aseguraba la confidencialidad de los mismos. La reputación que FER había adquirido en aquel momento tras varios años de llevar a cabo el estudio de envases de aluminio del que se da cuenta en el capítulo 2º de esta Tesis facilitó mucho el establecimiento de esa relación de confianza con las plantas de recuperación.

Se observó que la mayoría de los RAEE, independientemente de la categoría legal, eran recepcionados dentro de un epígrafe denominado "**línea blanca**", y de otro denominado "**Chapajo**".

A continuación se recogen los datos globales recogidos referentes a las toneladas recogidas por categorías de RAEE en todo el territorio español, así mismo, se calcularon los ratios de recogida media en kilogramos por habitante y año, siempre, obviamente referidos al año de referencia de 2004 ya que este era uno de los objetivos que en un inicio se consideraban por parte de ANFEL y FAPE más difíciles de alcanzar pues nunca se había llevado a cabo un estudio en profundidad del recorrido que los RAEE estaban llevando a cabo una vez que los mismos eran desechados por los usuarios.

Para la obtención de los datos no se tuvieron en cuenta los datos obtenidos en almacenes de chatarra que declaraban que luego enviaban esos materiales a plantas fragmentadoras para evitar así, duplicar datos. Sin embargo, sí se consideran las toneladas recogidas por almacenes de chatarra que no contaban con planta fragmentadora pero que enviaban parte o todo el material directamente a fundición.

Tabla 26. Toneladas, por categorías de RAEE, recogidas durante 2004

Categorías R.D. 208/2.005		t/año
Categoría 1	Grandes Electrodomésticos	158.728
Categoría 2	Pequeños Electrodomésticos	19.251
Categoría 6	Herramientas Eléctricas o Electrónicas	3.540
Categoría 10	Máquinas Expendedoras	6.336
Categoría 3	Equipos de Informática	12.126
Categoría 4	Aparatos Electrónicos de Consumo	7.395
TOTAL		207.377

Considerando la tabla anterior y teniendo en cuenta que el Real Decreto 208/2005 establecía como objetivo de recogida 4 kilogramos, de media, por habitante y año de RAEE procedentes de hogares, podemos hacer una estimación de lo que en aquel momento suponía esta cantidad.

La población de España a 31 de diciembre de 2004 según datos el Instituto Nacional de Estadística era de 43.197.684 habitantes. Por lo tanto el estudio había logrado detectar una tasa de recogida de 4,8 Kg/habitante año, es decir 0,8 Kg por encima del objetivo de la norma.

Para completar la trazabilidad de los datos que se pedía a las empresas, se incluyó una estimación sobre el origen de los RAEE que trataban. Así, se incluyó en la encuesta una serie de los orígenes más probables, tales como los Puntos Limpios Municipales, la Recogida de Residuos Voluminosos de los Ayuntamientos, otros chatarreros de menor entidad, la propia distribución y los repartidores de electrodomésticos.

Del mismo modo se les solicitó a las empresas consultadas datos sobre el destino final de los RAEE recepcionados en sus instalaciones, dándose como opciones más probables las plantas fragmentadoras, las fundiciones o las plantas especializadas de tratamiento de RAEE.

Los datos recogidos fueron los reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 27. Origen de los RAEE por tipo de planta

Orígenes por tipo	t/año
Punto limpio municipal y Ayuntamientos	28.952
Otros Chatarreros	160.516
Distribuidores y/o transportistas	17.909
Total	207.377

Tabla 28. Destino de los RAEE por tipo de planta

Destinos por tipo	t/año
Fragmentadora	202.602
Fundición	2.880
Planta especializada RAEE	1.895
Total	207.377

Para identificar el movimiento de material se solicitó una estimación sobre la procedencia geográfica de los RAEEs, bien de su Provincia, del Resto de su Comunidad Autónoma, del Resto de España, o procedentes de Importación.

Del mismo modo, se solicitó una estimación sobre el destino geográfico que se daba a esos materiales. Considerando que en el análisis de esos datos, se tenía en cuenta los dos últimos eslabones de la cadena, es decir, el gran almacenista que enviaba a destino final, y el propio destino final, estos datos corresponden al envío de material una vez procesado, con lo que el

material era absorbido por aquellas comunidades que contaban con fundiciones.

Tabla 29. Origen geográfico de los RAEE

Origen geográfico	t/año
De su provincia	31.492
Del resto de su Comunidad Autónoma	149.445
Del resto de España	25.000
Importación	1.440
Total	207.377

Tabla 30. Destino geográfico de los RAEE

Destino geográfico	t/año
A su Comunidad Autónoma	144.832
Al resto de España	61.173
Exportación	1.372
Total	207.377

Con respecto a la clasificación de chatarras, los RAEEs eran recepcionados en las plantas de recuperación dentro de la categoría **Línea Blanca**, formada por los grandes electrodomésticos que eran recogidos de manera separada, y de la categoría **Chapajo**, donde se encuentran mezclados diferentes tipos de materiales, entre los cuales también se encontraban grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, herramientas eléctricas, etc.

Tabla 31. Categorías de chatarra conteniendo RAEE

Categoría de Chatarra que Contiene RAEE	t/año
Chapajo	163.828
Línea Blanca	43.549
Total	207.377

Así, el 79% de los RAEE que se recepcionaban en las plantas de chatarra no estaban identificados como tales sino que lo hacían incluidos en la categoría de Chapajo. Solamente las partidas de grandes electrodomésticos, normalmente procedentes de distribución o repartidores, se nombraban como Línea Blanca.

Principales conclusiones del Estudio de RAEE

Las conclusiones del estudio de RAEE fueron muy interesantes y prometedoras:

- España, como no podía ser de otra forma dado el valor residual positivo de los RAEE, estaba recogiendo los RAEE en 2004.
- Los RAEE se estaban reciclando alcanzando unas cifras de reciclaje y valorización muy cercanas a los objetivos que marcaba la Directiva.
- La gestión, no obstante,, se llevaba de forma no óptima desde el punto de vista ambiental y había que llevar a cabo importantes cambios para mejorar el sistema.
- No existía una trazabilidad ni una diferenciación entre los diferentes tipos de RAEE.
- Era necesaria una reconversión del sector similar a la que había llevado a cabo el sector del desguace de vehículos unos años antes pero el sector estaba ahí.

Como luego veremos, durante los primeros años Ecolec aplicó la metodología desarrollada a través del estudio, pero a partir de un momento dado este modelo dejó de poder aplicarse.

En cualquier caso, los datos del estudio ni tan siquiera fueron publicados, siendo por tanto en la presente tesis doctoral la primera vez que dichos datos ven la luz. Los SIG como veremos en el apartado siguiente optaron mayoritariamente por potenciar la creación de nuevas plantas, muchas veces bajo el auspicio de las Comunidades Autónomas, y sin tener suficientemente en cuenta la sección que ya venían haciendo los recuperadores. No obstante,, y como veremos más adelante en las conclusiones de la presente Tesis, muchos de los elementos observados en el estudio luego se han ido manifestando y, de hecho forman parte del futuro desarrollo del sector de RAEE.

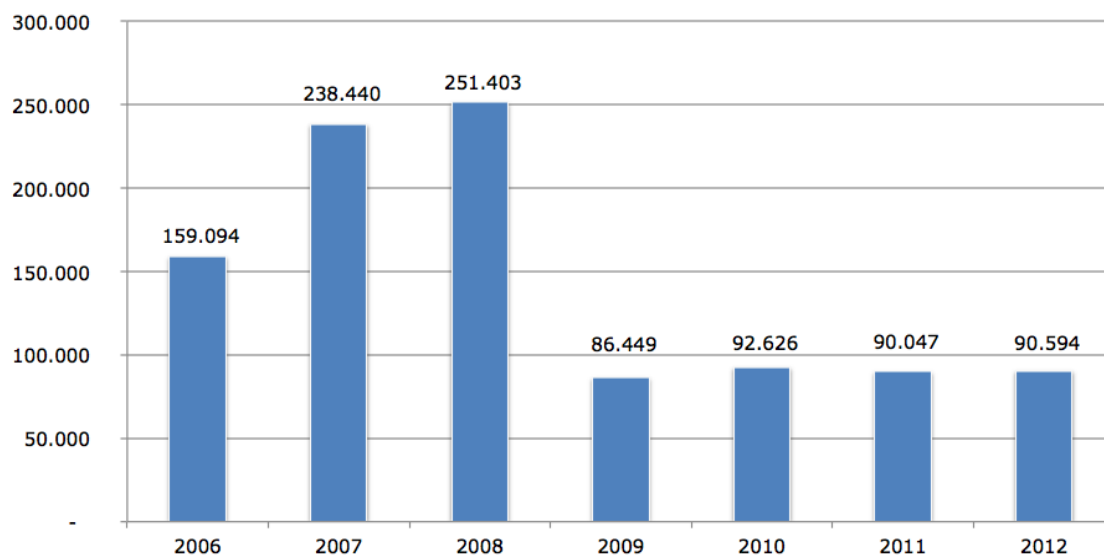
SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE RAEE

En los 10 años transcurridos tras la entrada en vigor de la normativa que regula la gestión de los RAEE en España y de la elaboración del estudio al que se refiere el apartado anterior ha habido un desarrollo desigual en todo lo tocante al sector de la gestión de los RAEE.

Si bien el mayor de los SIG, Ecolec, tuvo parcialmente en cuenta los resultados del estudio y pruebas piloto llevadas a cabo entre 2003 y 2005 para establecer la red de acuerdos y convenios con parte del sector de la recuperación, otros fabricantes decidieron seguir una vía distinta y crear su propio Sistema Integrado de Gestión con un sistema de funcionamiento diferente y con un modelo mucho más basado en el modelo de Ecoembes para los envases financiando la creación de plantas auspiciadas por las Comunidades Autónomas. Ejemplo de ello son Galicia, Andalucía, Valencia, Cataluña o Aragón en las que incluso se ha llegado a establecer la gestión de ciertos RAEE como "Servicio de Utilidad Pública" para evitar la competencia del sector recuperador privado.

Además todos los fabricantes vieron una fuente extra de ingresos en la Ecotasa que la normativa permitía cobrar al comprador de un AEE nuevo para así, nutrir el fondo de gestión de RAEE. En 2014 el cobro de esta Ecotasa supuso monto de 200 millones de euros. Lo cierto es que hoy en día tan sólo se aplica al reciclaje de los RAEE un 21% de lo cobrado por esa tasa mientras que el resto pasa a ser un ingreso extraordinario para el fabricante del AEE o para el SIG (dependiendo del caso). La Ecotasa supuso de facto una oportunidad para la distribución y los productores de llevar a cabo de forma conveniada un aumento de los precios de los productos tomando como excusa propiciatoria la gestión del RAEE.

Tabla 32. Toneladas recogidas de RAEE de Grandes Electrodomésticos en España



Fuente: Eurostat

Como puede observarse en el la evolución de los RAEE de Grandes Electrodomésticos (Categoría 1) recogidos "oficialmente" en España, hasta 2008 la metodología desarrollada a través del estudio que dirigí permitió que las cifras publicadas y reportadas a Europa supusieran que España cumplía con los objetivos de recogida de la Directiva.

Ecolec llevó a cabo acuerdos de colaboración con los principales recuperadores y fragmentadores para, sin intervenir ni influir en el flujo económico de reciclaje de los RAEE, obtener los datos de RAEE procesados. Así, se estableció temporalmente un sistema que financiaba el extracoste de gestionar categorías con valor negativo (dado su costoso tratamiento) como los frigoríficos por un lado, pero por otro en lo que se refiere a RAEE no peligroso, se limitaba a monitorizar el seguimiento del mercado. A la parte de los datos que obtenía del acuerdo con los recuperadores le denominaron "Clasificada Indirecta".

El problema es que este sistema solo era aplicado por Ecolec y, además ponía en duda la justificación del cobro de una ecotasa para la mayor parte de los AEE dado que el coste de obtención de la información era muy bajo. Así, en 2008 tuvo lugar una fuerte presión para que no se tuviesen en cuenta estos datos.

Finalmente las Comunidades Autónomas acabaron con el sistema al dar como válidos exclusivamente los datos de RAEE recogidos en puntos limpios municipales o de la distribución (sistema 1x1). Argumentaron que el Real Decreto hablaba de "recogida selectiva" y en su opinión solo se podía considerar como tal a la que venía de esos orígenes controlados. El resto de SIG apoyaron de forma cerrada esta postura pues ello debilitaba claramente la posición de Ecolec y finalmente los fabricantes pertenecientes al propio Ecolec acabaron por presionar al SIG para que dejase de lado esta dinámica pues no se hacía justificable el cobro de una Ecotasa tan alta.

De modo que a partir de 2009 España empezó a reportar solamente los datos de puntos limpios y distribución, se mantuvo la ecotasa en los niveles que estaba y España dejó de cumplir "oficialmente" el objetivo de recogida de RAEE.

La conclusión, y es donde nos encontramos actualmente es que en España se comercializan 567 mil toneladas anuales de nuevos aparatos eléctricos y electrónicos, de los cuales solamente el 30% es reciclado bajo los sistemas integrados de gestión (y por lo tanto financiados por esa ecotasa), obteniendo solamente de esta cifra, los datos necesarios que evidencian o no el cumplimiento de los objetivos establecidos en la directiva 2002/96/CE. Otro 40% es gestionado por centros subvencionados que no forman parte del sistema de gestión para residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y recolectores ilegales, y un 30% que son gestionados de manera ilegal de los

cuales no se obtienen cifras anuales para su contabilización, siendo además una parte de ellos exportados ilegalmente.

El conjunto de SIG y la Ecotasa

Es importante definir a qué llamamos SIG en el caso de los RAEE:

- Es un conjunto de relaciones, procedimientos, mecanismos y actuaciones.
- Lo autorizan y controlan las comunidades autónomas en cuyo ámbito se implantan, estando sujetos a su supervisión.
- Lo componen los productores de aparatos eléctricos y electrónicos junto a otros agentes económicos interesados (distribuidores, gestores de residuos...).
- Mediante acuerdos voluntarios u otros instrumentos de responsabilidad compartida.
- Tiene el objetivo de garantizar la correcta gestión de los RAEE.

En general podemos decir que los Sistemas Integrados de Gestión (SIG) son agrupaciones de productores que comparten esfuerzos para mejorar la eficacia y la eficiencia en la logística de la recogida de los RAEE y su reciclaje. Existen 9 a nivel nacional.

Un SIG se financia a través de la ECORAEE, que es el "extra coste" que se destina a financiar la gestión de los RAEE. Esta ECORAEE o "extra coste" debe considerarse como una variable más que actúa sobre el precio global del producto, por lo cual se le aplica el IVA correspondiente. La ECORAE no es negociable para ningún producto, inclusive en pronto pago, y ninguna persona física o jurídica, empresa o institución está exenta de su pago.

Como comentábamos anteriormente a partir de 2005 comenzaron a surgir en España una gran multiplicidad de SIG de RAEE. Cada uno de ellos

representaba a un grupo de fabricantes determinado y normalmente tenían varias categorías de RAEE. Esto ha dado pie a múltiples problemas de coordinación, gestión y recogida de datos. Además cada uno de los SIG tiene su propia infraestructura (oficinas, trabajadores, programas de formación, campañas de comunicación, etc.).

En la tabla siguiente recogemos solamente los de ámbito nacional:

Tabla 33. SIG de RAEE de ámbito nacional

SIG	Categorías RAEE que Gestiona	Puntos de Recogida
AMNILAMP , Asociación para el reciclaje de lámparas	5	Distribuidores y puntos limpios
ECOASIMELEC , Fundación para la gestión medioambiental de aparatos eléctricos y electrónicos.	1,2,3,4,6,7,8,9 y 10	Distribuidores
ECOFIMÁTICA , Fundación para la gestión Medioambiental de Aparatos Ofimáticos	3	Distribuidores
Fundación ECOLEC	1,2,3,4,5,6,7,8,9 y 10	Distribuidores y puntos limpios
ECOLUM , Fundación para el medio ambiente	5	Distribuidores, puntos limpios y grandes usuarios
Fundación ECORAEE 's	2,3,4,5,8,9 y10	Distribuidores y puntos limpios
Fundación ECOTIC	1,2,3,4,6,7,8,9 y10	Distribuidores y puntos limpios
European Recycling Plataform-ERP	1,2,3,4,6,7,8,9 y 10	Distribuidores y puntos limpios
TRAGAMOVIL , Fundación para la Gestión Medioambiental de Aparatos de Telefonía y Comunicaciones	3	Distribuidores y puntos limpios

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

A lo largo de los capítulos de los que consta la presente Tesis, se han abordado de forma profunda y amplia las diferentes formas de aplicación del principio de Responsabilidad Ampliada del Productor y sus implicaciones económicas dependiendo del modelo establecido en cada uno de los casos.

Se ha profundizado en la compleja y poco habitual estructura del sector recuperador y su forma de pirámide invertida y se han analizado de forma extensa las tres líneas de residuos a través de las cuales se ha contrastado la hipótesis de trabajo planteada al inicio de esta tesis doctoral.

Los objetivos formulados (generales y específicos) han sido alcanzados de forma satisfactoria, tanto en la comprensión de la problemática económica y de gestión de las tres líneas de residuos estudiadas como en la implementación práctica del marco legal a través de los diferentes estudios empíricos y pruebas piloto que se han diseñado, acometido y concluido.

La hipótesis de trabajo planteada a modo de hilo conductor de la investigación era la siguiente:

"El valor económico de un bien al final de su vida útil es un indicador fundamental para su reciclaje. La existencia de valores residuales positivos facilita la eficiencia económica de los sistemas de reciclaje. Cuando esos valores no son positivos, la eficiencia del reciclaje no puede basarse en criterios estrictamente económicos."

En las diferentes líneas estudiadas se ha podido contrastar la veracidad de dicha hipótesis, si bien se han encontrado también los límites que la misma presenta en función de los objetivos de valorización y reciclaje que se

establezcan. De esta forma la hipótesis es cierta hasta que el nivel exigido de valorización o reciclaje implica el tratamiento de fracciones de residuos cuyo valor residual es inferior al coste de su tratamiento y recuperación. En ese momento el modelo requerirá de una intervención de aquella entidad o entidades en las que la legislación haga recaer la Responsabilidad Ampliada del Productor que deberán, con la supervisión del Estado, financiar los extracostes necesarios para cubrir dichas fracciones "no económicas".

No obstante, dicha intervención a través de políticas públicas ha de ser limitada, cuando se pretende mantener la máxima eficiencia económica, y también ha de ser proporcional a la financiación de los costes extraordinarios o suplementarios que supongan el tratamiento de esas fracciones con coste de tratamiento superior a su valor residual de mercado y solamente hasta alcanzar los objetivos de reciclaje o valorización que marque la normativa.

Por todo lo anterior, el análisis de los tres estudios de caso permite comprobar que el valor marginal positivo de los elementos materiales que contenga un bien al final de su vida útil resultan el elemento esencial a la hora de lograr los objetivos de reciclaje y valorización establecidos, en estos casos, por la Unión Europea.

Pero además, la aplicación práctica del tercer caso (relativo a la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) hace posible afirmar que cuando se establece un sistema mixto en el que se permite que coexistan la iniciativa basada en el libre mercado con un control por parte de los organismos responsables y las administraciones públicas, que identifiquen los extracostes y fracciones "no rentables" para financiar esos costes extraordinarios, se logran los mejores resultados tanto en lo que a tasas de reciclaje y valorización se refiere como a optimización económica del sistema.

Los modelos, como el de envases, que no tienen en cuenta el valor residual de los materiales para establecer las vías de gestión no puede controlar que los mismos no se pierda y que, por lo tanto, su sistema de gestión resulte comparativamente caro y poco eficaz, pues los envases con mayor valor económico (en este caso los de aluminio), escapan hacia el sistema de mercado que da valor a dichos materiales.

Pero por otro lado, también hemos podido corroborar que en un sistema exclusivamente autónomo, como el de gestión de los Vehículos Fuera de Uso, que deja únicamente al valor residual de los vehículos, sus objetivos de reciclaje alcanza un límite en el porcentaje reciclado y valorizado a partir del cual no logra mejorar y por lo tanto tampoco cumple con los objetivos establecidos en las políticas de la Unión Europea.

A continuación hacemos un análisis de las principales conclusiones alcanzadas en cada una de las tres líneas de residuos analizadas.

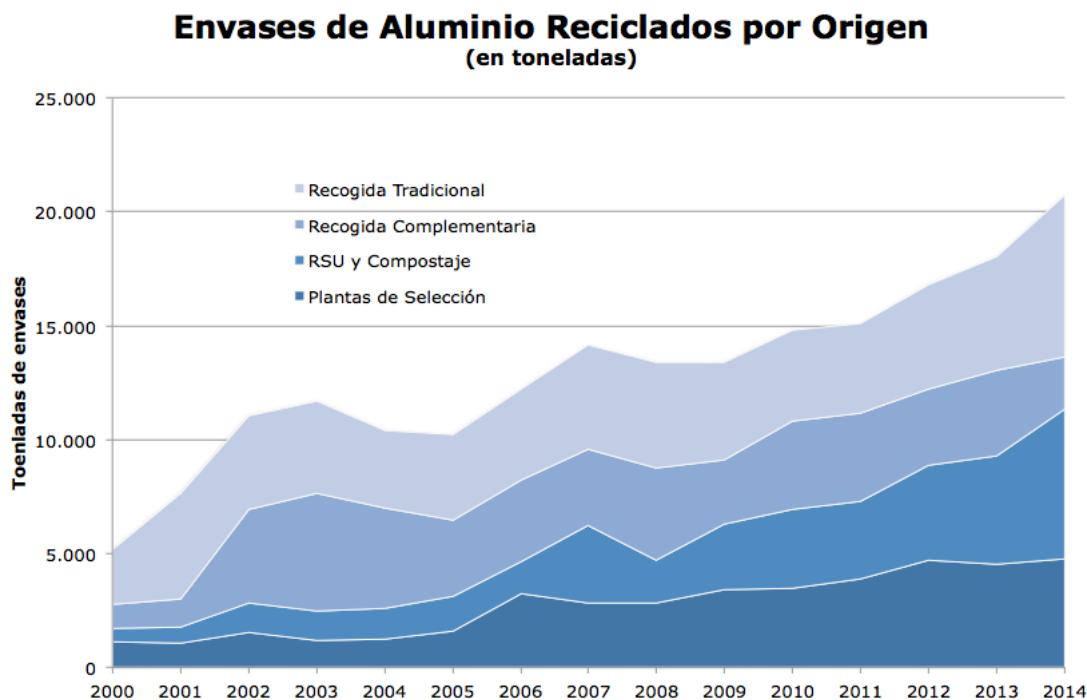
En lo tocante al **Capítulo 3º, “La gestión de envases y embalajes a través de los envases metálicos”**, en el que nos hemos centrado en el modelo de gestión establecido para aquellos envases con un mayor valor residual, los de aluminio, ha quedado plenamente demostrada la ineficacia de un sistema que ignorando el valor residual del material pretenda establecer mecanismos de recogida simplemente basado en la colaboración ciudadana. El análisis llevado a cabo en el campo de los envases metálicos nos permite observar que funciona de forma mucho más eficiente, y sin coste para el sistema, los sistemas de recogida tradicional basados en el valor residual del bien, en este caso conformado por aluminio. Tratar de establecer un sistema que se basa exclusivamente en la recogida selectiva en contenedor separado despojando del valor intrínseco a los materiales

conlleva que los objetivos de reciclado no se cumplan. Es fundamental integrar al sector recuperador en el sistema para complementar los datos de recogida y reciclaje de dichos envases.

El examen pormenorizado del estudio dirigido en el campo de la recogida de envases de aluminio nos permite ver como en una primera aproximación general la cantidad de envases de aluminio reciclada pasa de un 3,4% en 1999 a un 43% en 2014, en relación siempre con la cantidad de envases de aluminio puestos en el mercado en el ejercicio precedente. No obstante,, a medida que hemos ido desgranando (a través del estudio de campo dirigido durante 15 años) el desglose de dicha cifra la realidad cambia considerablemente. Las toneladas recicladas se han diferenciado en 4 orígenes distintos:

- Recogido en Planta de Selección de envases.
- Recogida en planta de RSU o de Compostaje
- Recogida Complementaria
- Recogida Tradicional.

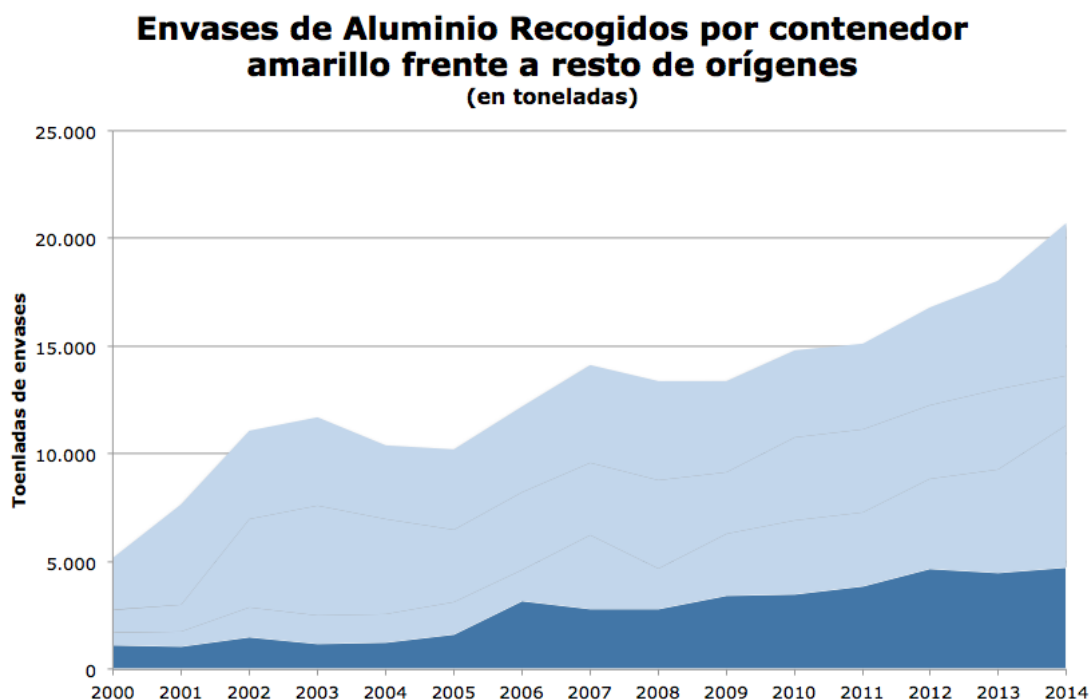
Ilustración 87. Envases de aluminio reciclados por origen



Al analizar los cuatro flujos y su evolución a lo largo de los años podemos ver que, salvo la recogida complementaria, el resto de líneas han incrementado las toneladas recogidas cada año.

No obstante,, si tenemos en cuenta que la forma que se estableció como flujo primario para la recogida de envases fue la recogida selectiva a través de contenedor amarillo, podemos observar, cuando destacamos este flujo del resto de los analizados, que la mayor parte de los envases de aluminio se reciclan por otras vías distintas a la inicialmente diseñada.

Ilustración 88. Aluminio recogido selectivamente frente a otros flujos



El hecho de que tan sólo un 21% de los envases de aluminio se recojan a través de las plantas de selección y por tanto de los contenedores amarillos es un dato que sin duda pone de manifiesto varias cosas:

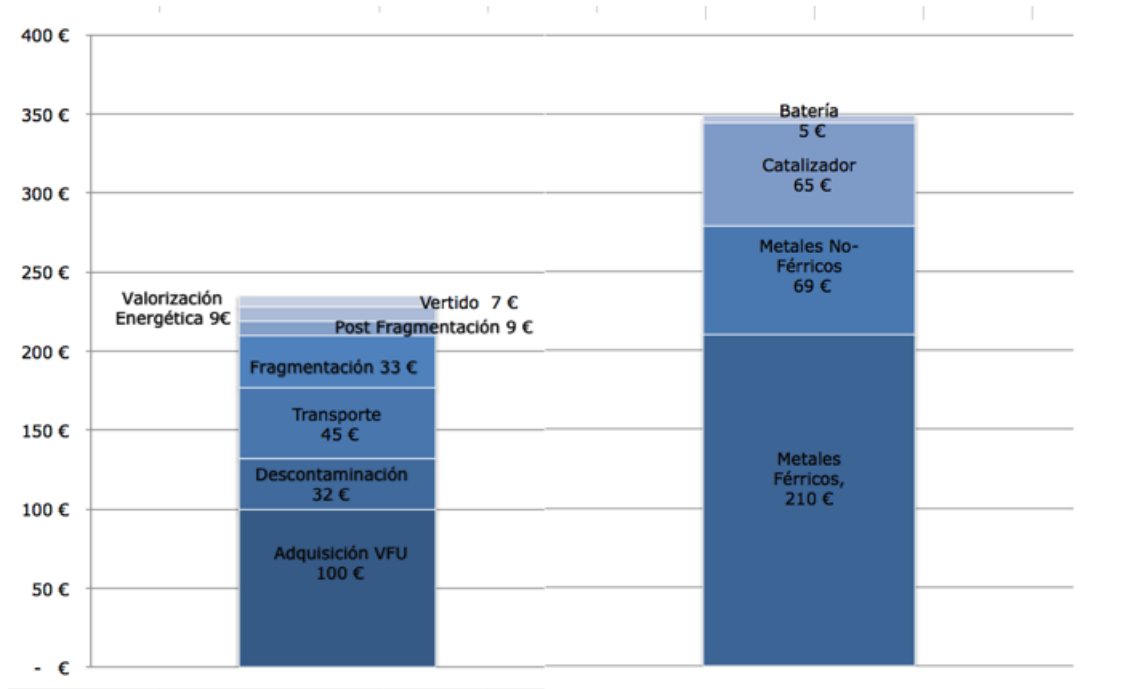
- Pese a las campañas periódicas llevadas a cabo por Ecoembes para que los ciudadanos separasen en su hogar los envases y los depositasen en el contenedor amarillo destinado a tal efecto, la calidad de dicha separación en lo tocante a los envases de aluminio no ha mejorado en los últimos 15 años.
- El que se recojan más envases de aluminio en las plantas de residuos en masa (no seleccionados) y de compostaje que en las plantas de selección refuerza la conclusión anterior.
- La recogida a través del canal tradicional del sector recuperador de los envases de aluminio, y por lo tanto sin necesidad de un punto verde alcanza un 32% en 2014 a coste cero mientras que el coste de recogida del 21% de las plantas de selección es ingente.

La hipótesis de trabajo, por tanto, planteada en el inicio de la presente tesis doctoral se cumpliría para este flujo de residuos, pues el alto valor económico de este bien a su fin de vida provoca que el flujo de recogida se desvíe de su foco previsto (contenedor amarillo) hacia otros como el de la recogida tradicional en los que el valor del material es el incentivo principal para llevar a cabo dicha recogida.

En el **Capítulo 4º**, titulado **La Gestión de los Vehículos al Final de su Vida Útil como modelo abierto**, se analiza lo que podría considerarse el extremo puesto al modelo analizado de envases en la aplicación del principio de Responsabilidad Ampliada del Productor, pues todo el sistema en el caso español se estructuró partiendo de la base de que el valor residual del vehículo fuera de uso era capaz de financiar la gestión correcta del mismo sin necesidad de que debiera instaurarse un sistema de financiación del coste de gestión que partiera desde el productor. Para ello se planteó como requisito inicial la reconversión total del sector del desguace de tal forma que al reducirse el número de establecimientos autorizados para gestionar vehículos (de 3000 en 1998 se pasó a 1000 en 2003) el mercado potencial de vehículos fuera de uso al que podría acceder cada centro de tratamiento aumentaría y por lo tanto les compensaría, con cargo a su propia cuenta de resultados, acometer las inversiones en mejora de infraestructuras de tratamiento y descontaminación que exigía la nueva normativa. Además y una vez llevada a cabo dicha reconversión esa reducción de la red, unida a la bonanza económica española que supuso un aumento y modernización considerable del parque automovilístico hizo que el número de vehículos disponibles para cada Centro Autorizado de Tratamiento (CAT) se incrementase de forma importante. Así, frente a los 387.000 vehículos que se dieron de baja en 1996, en una década el número se incrementó hasta los 954.000 de 2006. Esto propició que cuando entró en vigor el Real Decreto 1383/2002 transponiendo la Directiva 2000/53/CE

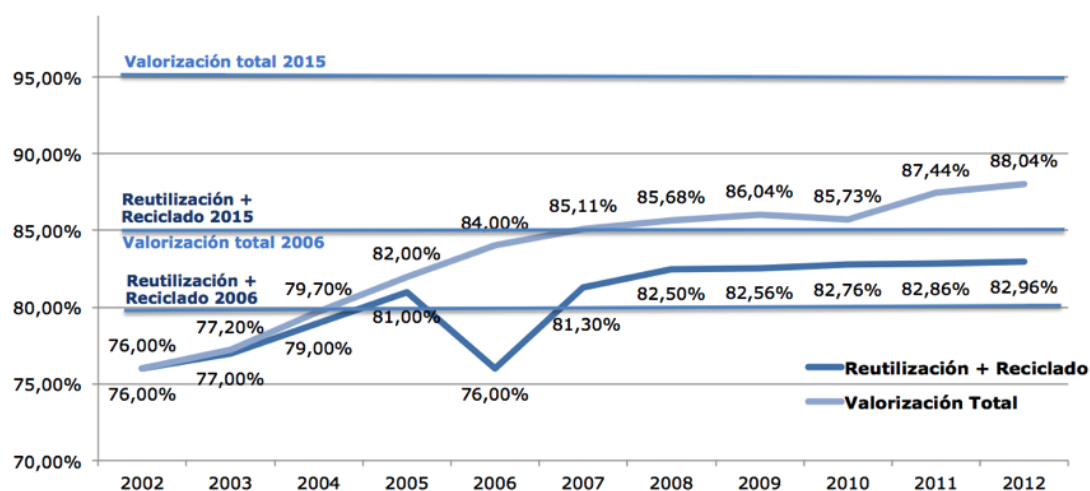
España se encontrase en una disposición óptima para aplicar un sistema que basaba la gestión en el valor residual positivo del vehículo, como podemos ver en el estudio económico, elaborado por ACEA, que refleja la gráfica siguiente.

Ilustración 89. Balance de ingresos y gastos en la gestión del VFU



Cuando un bien como el **vehículo** tiene un valor residual positivo importante se pueden lograr altas tasas de reciclaje y valorización sin intervenir a través de un SIG. Esta fue la hipótesis planteada por fabricantes (ANFAC), importadores (ANIACAM), desguazadores (AEDRA) y fragmentadores (FER) a la hora de constituir SIGRAUTO no como un Sistema Integrado de Gestión, sino como una asociación que acompañase y apoyase el desarrollo del modelo y comprobase la consecución de los objetivos de reciclaje, reutilización y valorización establecidos por la normativa. Como podemos comprobar en la siguiente gráfica, los objetivos marcados para 2006 fueron alcanzados aplicando este modelo.

Ilustración 90. Niveles de Gestión de VFUs reportados por España



No obstante, el análisis del caso de los vehículos nos permite ver que la hipótesis planteada en esta Tesis tiene sus límites en los objetivos de reciclado y/o valorización exigidos. Así, a medida que se van incrementando los objetivos de valorización y reciclado las posibilidades de mejora basadas en el balance positivo del valor de los materiales resultantes disminuye. En el caso de los VFUs ese límite se encuentra de facto a partir del 85% de valorización exigido para 2006 (en el caso de España), por lo que para cumplir con el objetivo del 95%, exigido a partir del 1 de enero de 2015, es necesario que el productor financie o asegure la financiación del extracoste de gestión de las fracciones actualmente no resueltas (vidrios, neumáticos, grandes plásticos y fracción ligera) pues de no hacerse se incumplirán los objetivos marcados por la normativa.

Finalmente, en el **Capítulo 5. Implementación de los Modelos de Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)**, la experiencia ha permitido demostrar que el sector reciclador tiene capacidad para gestionar la gran mayoría de los RAEE dentro de los objetivos de la norma, si bien, en el caso de los RAEE con valor residual negativo (sobre

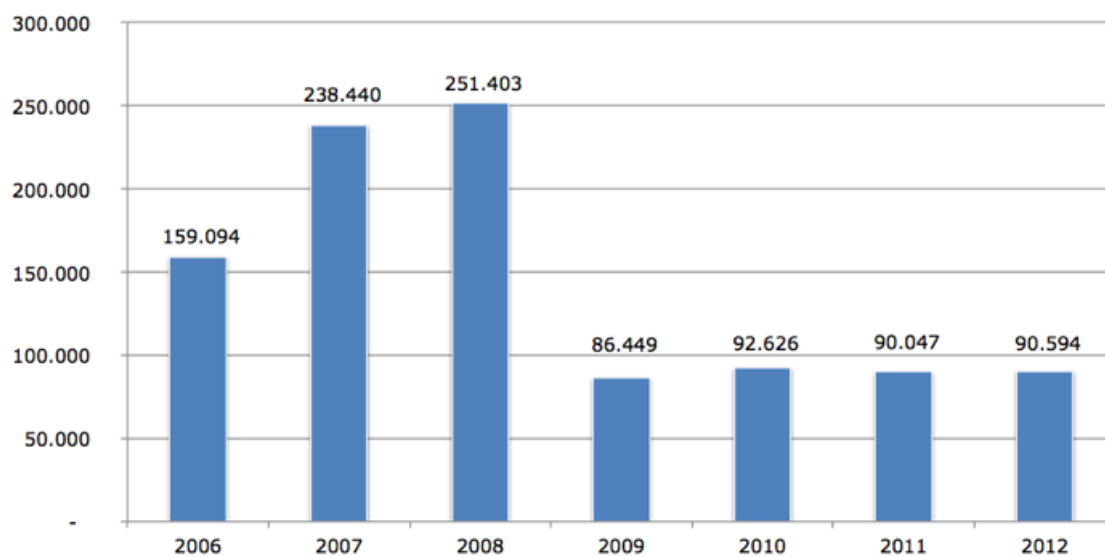
todo debido a su peligrosidad y a la gestión que ello exige) es importante que esos costes sean cubiertos por el sistema financiado por el productor del bien.

De esta forma, el estudio dirigido por el elaborador de esta tesis doctoral para las dos principales patronales de fabricantes de aparatos eléctricos y electrónicos en España, ANFEL y FAPE, en los 2 años anteriores a la entrada en vigor del Real Decreto 208/2005 que transponía la Directiva 2002/96/CE sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, y cuyos resultados no han sido nunca publicados hasta ahora, permitieron establecer durante 4 años (de 2005 a 2008) un sistema que ponía en práctica la hipótesis de la presente tesis doctoral. Así, se desarrolló por parte del principal Sistema Integrado de Gestión, ECOLEC (integrado por la mayoría de miembros de ANFEL y FAPE) un modelo híbrido de aplicación de la Responsabilidad Ampliada del Productor. Mediante este sistema se monitorizaba a las empresas tradicionales de recuperación y reciclado obteniendo de ellas, a cambio de una pequeña cantidad de dinero, los datos de cantidades tratadas de cada tipo de RAEE. Al mismo tiempo se llevaron a cabo pruebas piloto que permitieron conocer los porcentajes de reciclaje y valorización que se estaban obteniendo. Finalmente al ponerse de manifiesto los límites hasta los cuales el valor residual del RAEE era capaz de financiar su gestión, se financiaban los extracostes de la gestión de aquellos RAEE cuyo valor residual no podía financiar el total de la gestión necesaria a realizar para alcanzar los porcentajes de reciclaje y valorización exigidos. Esta financiación de los extracostes habría permitido reducir considerablemente la cantidad que debía cobrarse a los consumidores en forma de Ecotasa y, de esta forma habría optimizado la gestión de esta línea de residuos.

Por desgracia las presiones de ayuntamientos, plataformas de distribución, resto de SIG e incluso de los propios productores que veían peligrar la justificación teórica de una subida de precios de los productos generalizadas

amparada en la Ecotasa (de la que sólo revertían al SIG un 20%) llevó a que dicho modelo dejase de usarse y se pasase a un modelo más parecido al de los envases. El resultado de dicho cambio supuso, como puede verse en la gráfica siguiente publicada por Eurostat, que a partir de 2009 España dejase de cumplir con los objetivos de recogida de los 4Kg por habitante y año que exigía la Directiva.

Ilustración 91. Toneladas de RAEE recogidas en España.



Afortunadamente, el RD 110/2015 de RAEE aprobado en febrero de 2015 admite la entrega de los mismos a gestores autorizados (y no sólo a ayuntamientos y distribuidores) lo que abriría, de nuevo la puerta al sistema de "Clasificada Indirecta" que durante 3 años (de 2006 a 2008) Ecolec puso en funcionamiento logrando incrementar considerablemente las cantidades de RAEEs recogidos en España. Si se uniera este nuevo marco legal al modelo de aplicación de la Responsabilidad Ampliada del Productor que esta Tesis plantea se podría reducir considerablemente la cantidad que el ciudadano paga cuando compra un AEE al tiempo que se incrementarían las cantidades recogidas.

Analizando así, las conclusiones extraídas en cada uno de los 3 capítulos mencionados, y parte de las consideraciones finales de esta Tesis podemos señalar que, una vez analizados en profundidad todos los campos abordados, la instauración de un sistema de Responsabilidad Ampliada del Productor en el marco de construcción de un sistema de Economía Circular, antes de optar por uno u otro modelo para alcanzar los objetivos marcados por la normativa:

- Debe hacerse un profundo estudio de la situación de gestión del bien al final de su vida útil sobre el que recaiga la RAP para comprobar si ya se está tratando, qué deficiencias tiene ese tratamiento y qué partes del mismo no se están gestionando. El estudio ha de incluir necesariamente tanto a la economía formal como a la informal ya que de no hacerse así, la economía informal podría hacer fracasar el modelo que se instaure.
- Ha de analizarse el bien fuera de uso del que se trate para conocer de qué está compuesto, qué materiales valiosos lo integran, qué valoración tiene en el mercado cada uno de esos materiales, qué elementos peligrosos deben ser descontaminados y qué materiales no tienen valor económico. Así mismo también deberá conocerse las técnicas aplicadas al reciclaje y gestión de dicho bien, el desarrollo del arte y la evolución futura del mismo.
- Solamente una vez analizados y asumidos los dos anteriores requisitos se podrá establecer un sistema integrado de gestión que tendrá como primer objetivo la monitorización del sistema y tratará de minimizar al máximo la necesidad de intervención en el mismo. De esta forma sólo deberá financiar la parte no cubierta por la propia dinámica del libre mercado.

La hipótesis planteada ha quedado por tanto probada de forma empírica a través del análisis e implementación del modelo mixto llevado a cabo entre 2005 y 2008 por parte del Sistema Integrado de Gestión ECOLEC para el caso de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Si bien la misma sería también extensible a las deficiencias señaladas en los casos del reciclaje de envases de alto valor residual como los de aluminio. Los límites han sido establecidos a través del seguimiento y análisis del modelo de gestión de los Vehículos Fuera de Uso llevado a cabo por SIGRAUTO.

Finalmente y a modo de conclusión, las experiencias llevadas a cabo permiten afirmar que el sistema que mejor puede aproximarse a una situación de óptimo sería aquel que:

- deja a la iniciativa privada de libre mercado del sector recuperador la gestión inicial de los bienes al final de su vida útil;
- establece un sistema de monitorización y seguimiento que le permita obtener los datos que necesita para reportar el cumplimiento de los objetivos marcados por la normativa, de tal forma que el Estado mantenga el control del sistema al marcar los objetivos a alcanzar.
- Financia exclusivamente los extracostes de gestión en el caso de que, para cumplir los objetivos legalmente establecidos, haya que llevar a cabo procesos de tratamiento y/o descontaminación económicamente no rentables.

BIBLIOGRAFÍA

- ACEA. (2014). *Economic analysis of the ELV treatment chain in Europe*.
- AENOR. *Norma UNE 26470:2002 de Vehículos de Carretera. Instalaciones de tratamiento de vehículos al final de su vida útil. Especificaciones técnicas de las instalaciones*.
- ALGUACIL, Cristina y Roger, Olga. (2008). *Diccionario de la Recuperación*. GREMI de Recuperaçió de Catalunya. Barcelona. España.
- ANFAC. (1998). *Informe del Proyecto Colectivo para la promoción del Reciclado de catalizadores, vidrios y plásticos del automóvil. En el marco del proyecto ATYCA*.
- ARREGUI, Guillermo. (2011). *Estimación del empleo potencial en la implantación y desarrollo de la primera fase del SDDR en España*. Instituto sindical de trabajo, ambiente y salud.
- BALDÉ, C.P. y otros. (2015). *The Global E-Waste Monitor 2014*. United Nations University. Alemania.
- BARBIER, E. (2010). *Scarcity & Frontiers: How Economies have Developed through Natural Resource Exploitation*. Cambridge University Press.
- BERNACHE Pérez, Gerardo y Rafael Gúzman M. (2001). "Cuando la basura nos alcance" en Educación Ambiental. Editado por Rafael Gúzman y Carmen Anaya. Ed. Mc. Graw Hill
- BIRD, Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo. (2009 – y siguientes-). *World Development Indicators*.

- BRODHAG, Christian. Traducción de Antonio Suárez. (1996). *Las cuatro verdades del Planeta*. Para una nueva civilización. Flor del Viento ediciones. Barcelona. España.
- CEDEX. (2007). *Manual de Empleo de Caucho de NFU en mezcla Bituminosa*. Ministerio de Fomento y Ministerio de Medio Ambiente de España. CEDEX. España.
- CHALMIN P. y Gailloch C. (2009). *From Waste to Resource: An Abstract of World Waste Survey*. Cyclope, Veolia Environmental Services, Edition Economica.
- CNUMAD. (1992). *Conferencia de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Rio de Janeiro, Brasil.
- COMISIÓN EUROPEA. (2014). *Balance de la Estrategia Europa 2020 para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador*. Bruselas. COM(2014) 130 final.
- CONDE, Jesús. (2008). *Los sistemas integrados de gestión y su repercusión en la gestión municipal de los residuos urbanos. Algunas consideraciones jurídicas*. Ayuntamiento de Granada.
- COSTANZA, R. (1989). *What is Ecological Economics?*. Ecological Economics.
- DALY, Herman E. (2010). *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press. Washington.
- DALY, Herman E., Goodland, Robert, et. Al. (1997). *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Más allá del informe Brundtland*. Editorial Trotta. Madrid.
- DECISIÓN de la Comisión 2014/995/UE. *Lista Europea de Residuos*. DOCE 30.12.2014. L 370/44

- DIRECTIVA 2000/53/CE de septiembre de 2000 relativa a los Vehículos Fuera de Uso. Diario Oficial nº L 269 de 21/10/2000 p. 0034 - 0043
- DIRECTIVA 2006/12/CE del PARLAMENTO EUROPEO y del CONSEJO de 5 de abril de 2006 relativa a los residuos. L114/9.
- DIRECTIVA 2008/98/CE del PARLAMENTO EUROPEO y del CONSEJO de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos. L313/3.
- DIRECTIVA 75/442/CEE del CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS de 15 de julio de 1975 relativa a los residuos. 31975L0442.
- DIRECTIVA 91/156/CEE del CONSEJO de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos. D Diario Oficial nº L 078 de 26/03/1991 p. 0032 – 0037.
- ECOEMBES. (2015). *Informe Anual Integrado 2014*. Ecoembalajes España, S.A.
- ECOEMBES. (2012). *Informe Anual y Cuentas Anuales 2010 y 2011*. Ecoembalajes España, S.A.
- ELLEN Macarthur Foundation. (2015). *Growth Within: A Circular Economy. Vision for a Competitive Europe*.
- EUROPEAN COMMISSION (2010). *Study to analyse differences in costs of implementing EU polity*. DG Environments. ENV. F.1 / FRA / 2010 / 0044.
- FRAJ ANDRÉS, Elena / Martínez Salinas, Eva. (2002). *Comportamiento del Consumidor Ecológico*. Madrid, España. ESIC Editorial. pp. 268.
- GARCÍA Ramos, Mar. (2000). *Modificaciones a la Directiva 94/62/CE de 20 de diciembre de Envases y Residuos de Envases*. Trabajo

presentado para la Conferencia Anual ATEGRUS 2000, 2º Symposium Internacional sobre la prevención y el reciclaje de Residuos. Madrid.

- GARRIDO de las Heras, Santiago. (1998). *Regulación básica de la producción y gestión de residuos*. Ed. Ernst & Young. Fundación Confemetal. Madrid. España.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change AR4*, capítulo 10 Waste Management.
- IHOBE S.A. (2011) *Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono*. Primera Edición. Bilbao, España. Ihobe Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- JIMÉNEZ, Luis M. (2001). *Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Integración Medio Ambiente-Desarrollo y Economía Ecológica*. Editorial Síntesis. Madrid.
- JIMÉNEZ, Luis M. e Higon, F. (2003). *Ecología y economía para un desarrollo sostenible*. La Nau Solidaria. Barcelona.
- JIMÉNEZ, Luis M. (1995). *Adaptación Estratégica del capitalismo ante el Cambio Global; Del Desarrollo Sostenible a la Economía Ecológica*. Economía Política. Nº 9.
- LEONARD, Annie. (2010). *The Story of Stuff: The Impact of Overconsumption on the Planet, Our Communities, and Our Health- And how we can make it better*. Free Press.
- LOVELOCK, J. (1985). *Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Ediciones Orbis. Barcelona.
- MCDONOUGH, William / Braungart, Michael. (2005). *Cradle to Cradle (De la Cuna a la Cuna)*. Pérez Gregorio (Traductor). Primera edición en español. Madrid, España. Mc Graw – Hill. pp.186.
- MCKINSEY & Company. (2009). *Charting Our Water Future*. Water Resources Group.

- MEADOWS, Donella, et al. (2006). *Los límites del crecimiento 30 años después*. Galaxia Gutenberg, S.L.
- MEADOWS, Donella, et al. (1972). *Los límites del crecimiento*. Universe.
- MICKESSELL, R.R. (1992). *Economic Development and the Environment. A comparasion of Sustainable Development with Conventional Development Economics*. Mansell Publishing. Nueva York.
- MOLINA & ROWLAND. (1974). *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*. Nature nº 249, pg 810-812. Doi: 10.1038/249810a0
- MOLINA & ROWLAND. (1974). *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*. Nature nº 249, pp. 810-812.
- NAREDO, J.M. (1987). *La Economía en evolución*. Siglo XXI. Madrid.
- OECD. (2001), *Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments*, OECD Publishing, Paris.
- OECD. (2004), *Economic Aspects of Extended Producer Responsibility*, OECD Publishing, Paris.
- ORDEN INT/249/2004, de 5 de febrero por la que se regula la baja definitiva de los vehículos descontaminados al final de su vida útil. BOE num. 37 de 12 de febrero de 2004. pp. 6352-6357.
- ORDEN INT/624/2008, de 26 de febrero, por la que se regula la baja electrónica de los vehículos descontaminados al final de su vida útil. BOE 60 de 10 de marzo de 2008. pp. 14249 – 14253.
- PEARCE, D., Markandya, A, y Barbier, E.B. (1989). *Blueprint for a Green Economy*. Earthscan Publications. Londres.

- PÉREZ DE LAS HERAS, Mónica. (2003). *La Cumbre de Johannesburgo*. Primera edición. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.
- PIZARRO Jose Antonio ESACAM, Oscariz Jorge COMAV. (2009). *Informe hacia el vertido cero*. Ecosystems. Barcelona
- PNUMA. (2011). *Hacia una Economía Verde: Guía para el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza*. Francia.
- PNUMA. (2011). *Decoupling the Use of Natural Resources and Environmental Impacts from Economic Activity: Scoping the Challenges*. Grupo Internacional sobre Recursos.
- POVEDA Gómez, Pedro. (2003). *Perspectivas sobre la legislación de residuos de envases: propuesta de modificación de la Directiva 94/62/CE, de envases y residuos de envases*. Sigma Enviro S.A.
- REAL DECRETO 1383/2002 del 20 de diciembre de 2002 relativo a los Vehículos Fuera de Uso. BOE del viernes 3 de enero de 2003. pp 185-191.
- RIERADEVALL, Joan / Vinyets, Joan. (1999). *Ecodiseño y Ecoproductos*. Barcelona. Rubes. Editorial, S.L. Primera Edición, pp. 141.
- RODRIGO, Miguel / Centeno, Luis Manuel / Muruais, José / Maíllo, Alfonso / Ramírez, M^a Jesús / Vallina, Dimas / Tolosa, Eduardo. (2010). *Guía de Valorización energética de Residuos*. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- RODRÍGUEZ, Alvaro y otros. (2013). *30 años reciclando*. Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje. Madrid. España.
- RODRÍGUEZ, Alvaro. (2013). *¿A quién pertenecen los residuos?*. Revista Técnica de Medio Ambiente (RETEMA). Nº 168.
- RODRÍGUEZ, Alvaro. (2015). *La Sociedad del Reciclaje como pilar del futuro del Planeta*. Industria Ambiente.

- RODRÍGUEZ, Alvaro. (2015). *El sector reciclador reivindica su papel central en la Economía Circular*. Revista Técnica de Medio Ambiente (RETEMA).
- SANPEDRO, J.L. y Martínez Cortiña, R. (1973). *Estructura Económica: Teoría Básica y Estructura Mundial*. Editorial Ariel. Barcelona.
- SASSEN, Saskia. (2000). *New frontiers facing urban sociology at the Millennium*. British Journal of Sociology. Vol. 51. pp. 143-159
- SÉPTIMO Programa General de Acción de la Unión Europea en materia de Medio Ambiente. Diario Oficial de las Comunidades Europeas el 20/11/2013, L 354/171.
- SEXTA Directiva del Consejo en materia de armonización de legislaciones de los estados miembros relativas a los impuestos sobre el volumen de negocios – Sistema común del impuesto sobre el Valor Añadido. 77/388/CEE de 17 de mayo de 1977.
- SEXTO Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente. DOCE 19.09.2002. L242.
- SIGRAUTO. (2007). *Informe de la Prueba de Seguimiento de Niveles de Recuperación de Vehículos Al Final de Su vida Útil*.
- STINFELD Henning, Gerber Pierre / Wassenaar Tom / Castel, Vincent / Rosales, Mauricio / De Haan, Cees. (2006). *Lives Stock's Long Shadow Environmental Issues and Options*. Primera edición. Roma, Italia. FAO. pp. 26.
- STEINHILPER, R. (1998). *Remanufacturing: The Ultimate Form of Recycling*. Stuttgart: Fraunhofer IBC Verlag.
- TAMAMES, Ramón. (1995). *Ecología y desarrollo sostenible. La polémica sobre los límites del crecimiento*. Alianza Editorial. Madrid.
- TNU. (2014). *Memoria 2013*. www.tnu.es.

- RAINER, F.E. (1989). *Development to Death: ReThinking Third World Development*. Merlin. Londres.
- TOPFER, Klaus. (2002). *Prefacio al GEO 3*. PNUMA. Mundi Prensa. Madrid.
- UICN, PNUMA y WWF. (1991). *Cuidar la Tierra. Estrategia para el futuro de la vida*. Gland. Suiza.
- VILLAMIL, Serrano Armando y Maties, García Joan. (1998). *Política Económica del Medio Ambiente. Aplicaciones Empresariales*. Colección Ceura Economía. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces. Madrid.
- VON WEIZSÄCKER, Ulrich E. (1997). *Factor cuatro: duplicar el bienestar - usar la mitad de los recursos naturales*. Editorial Icaria. Barcelona

GLOSARIO

- AEE: Aparatos Eléctricos y Electrónicos.
- ALUMINIO CACHATARRO: Consiste en una mezcla de utensilios de cocina y otros residuos de aluminio laminado o usado.
- AEDRA: Asociación Española de Desguazadores y Reciclaje de Automóvil.
- ANFAC: Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones.
- ANIACAM: Asociación Nacional de Importadores de Automóviles, Camiones, Autobuses y Motocicletas
- ARPAL: Asociación para el Reciclado de los Productos de Aluminio.
- ASERAL: Asociación Española de los Refinadores de Aluminio
- CAT: Centro Autorizado de Tratamiento, empresa acreditada por la Administración para el tratamiento medioambiental de los Vehículos Fuera de Uso.
- CHATARRA FRAGMENTADA: Chatarra ligera de acero viejo fragmentada en piezas que no excedan de 200mm en cualquier dirección para el 95% de la carga. La chatarra ha de estar libre de humedad excesiva, metales no férreos y materiales extraños
- COMPOSTAJE: Reciclado completo de la materia orgánica mediante el cual se la somete a fermentación controlada para obtener un producto estable de características definidas y útiles para la agricultura.
- CONTENEDOR AMARILLO: Contenedor destinado a la recogida selectiva de envases de brick, plásticos y metales.
- FER: Federación Española de la Recuperación y el Reciclaje

- **GESTOR CONVENIADO:** Gestor de residuo que trabaja de manera formal dentro del Sistema integral de gestión.
- **GESTOR ILEGAL:** Persona que opera gestionando de alguna u otra forma un residuo, trabajando sin autorización de ningún tipo para tratar un residuo.
- **GESTOR INFORMAL:** Gestor autorizado que trabaja de manera legal de forma inconstante con el sistema integral de gestión.
- **GESTOR NO CONVENIADO:** Gestor autorizado y legal, que no trabaja con un SIG pues no cuenta con un contrato convenio que se lo permita o exija.
- **GESTOR:** Es la persona física o jurídica que desarrolla actividades de almacenamiento, valorización, tratamiento y/o disposición del rechazo de residuos ya sean propios o de terceros.
- **PLANTA DE CLASIFICACIÓN:** Lugar en el cual se procede a la separación de los Residuos Urbanos que llegan a la planta para después ser reutilizados, reciclados, valorizados o eliminados.
- **PLANTA DE INCINERACIÓN:** Planta en la que se lleva a cabo el tratamiento térmico para la eliminación de los residuos, consistente en quemarlos a altas temperaturas mediante un proceso controlado.
- **PULPO:** Tenaza de varias uñas que cuelga de la grúa móvil y que sirve para coger residuos de metal.
- **PUNTO LIMPIO:** Instalación de recogida selectiva de residuos municipales, adecuada para aceptar residuos voluminosos y especiales, además de escombros en pequeñas cantidades y otros productos.
- **PUNTO VERDE:** Distintivo creado en Alemania en febrero de 1991 que identifica a los envases reciclables. El fabricante paga por cada envase que dispone de esta etiqueta.

- RAEE: Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico.
- RECICLAJE: Proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto
- RECOGIDA SELECTIVA: Método de recogida de basuras en el que se produce una clasificación y selección de materiales en origen.
- RECUPERACIÓN: Extracción de las sustancias o recursos valiosos contenidos en los subproductos. Normalmente se realiza mediante tratamiento previo importante y se utiliza posteriormente con otra finalidad a la original.
- RECURSOS NO RENOVABLES: Son recursos naturales que pueden agotarse por completo.
- RECURSOS RENOVABLES: Son los recursos que se reponen biológicamente en un corto espacio de tiempo.
- RESIDUO INDUSTRIAL ASIMILABLE A URBANO: Residuos generados por pequeñas industrias y talleres que por su mínima cuantía y ámbito urbano de su lugar de producción y por su baja toxicidad se asimilan y gestionan junto con los residuos urbanos.
- RESIDUO PELIGROSO: Desecho con propiedades intrínsecas que ponen en riesgo la salud de las personas o que pueden causar un daño al medio ambiente.
- RESIDUO: Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros , resultante de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo del que su poseedor decide desprenderse o tiene obligación de desprenderse.
- RESIDUOS PELIGROSO: Sólidos, Líquidos y gases que contengan alguna sustancia que por su composición, presentación o posible

mezcla o combinación puedan significar un peligro presente o futuro, directo o indirecto para la salud humana y el entorno

- RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU): Son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, oficinas, mercados, etc.) y tráfico viario (papeleras).
- REUTILIZACION: Acción de volver a utilizar los bienes o productos.
- SEPARADOR MAGNÉTICO POR CORRIENTES DE FOUCAULT: También denominado *Eddy Current Separator*. Es un separador avanzado que permite separar residuos en tres fracciones: metales no férricos, férricos y material no metálico. El separador induce un campo magnético que repele la fracción metálica no férrica y atrae la fracción férrica.
- SEPARADOR MAGNÉTICO: Dispositivo que, por medio de un electroimán, sirve para efectuar la separación de aquellas partículas magnéticas que se encuentran en una mezcla de residuos o desechos.
- SIG: Sistema Integrado de Gestión.
- SIGNUS: Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados.
- SIGRAUTO: Asociación Española para el Tratamiento Medioambiental de los Vehículos Fuera de Uso
- TNU: Tratamiento de Neumáticos Usados.
- TROMMEL: Criba cilíndrica giratoria para separar por tamaños los productos triturados
- VALORIZACIÓN: 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.

- VFU: Vehículo Fuera de Uso. Aquel que su titular ha decidido que no vuelva a circular y lo entrega a un CAT.
- ZONA DE DESCONTAMINACIÓN: Zona destinada a las operaciones de restirar las diferentes partes contaminantes de un residuo peligroso y almacenarlas de forma que no dañen el entorno hasta la fecha de su gestión. Deben ser zonas pavimentadas y bajo techo con recogida estanca de posibles vertidos.

ANEXOS

Anexo 1. MODELO DE ENCUESTA PROYECTO RAEE.



ENCUESTA SOBRE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS
Y ELECTRÓNICOS (RAEES). AÑO 2004



DATOS DE LA EMPRESA		
Provincia en la que está ubicada la empresa:		
Especificar: _____		
La empresa es socio de alguna asociación de recuperadores:		
FER <input type="checkbox"/>	GREMI <input type="checkbox"/>	ARMETAL <input type="checkbox"/> FEMEPA <input type="checkbox"/>
PYMEV <input type="checkbox"/>	RECUMUR <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/> Otras: _____
La empresa es gestor de residuos peligrosos: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		
Maquinaria de proceso con los que cuenta la empresa:		
Prensas cizalla de más de 500 toneladas:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Fragmentadora:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Planta de medios densos:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Inductores de Foucault:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Grúas dotadas de:		
- Pálpa:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
- Electroimán:	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Número de empleados.....	_____	
Número de camiones.....	_____	

Orígenes por tipo:	RAEEs separados	Chapajo
Punto limpio municipal (%)		
Otros chatarreros (%)		
Ayuntamientos (recogida de voluminosos) (%)		
Distribuidores y/o transportistas de electrodomésticos (%)		
Particulares (%)		
ONGs (economía social) (%)		
Otros (%)		
Especificar:		

Orígenes geográficos:	RAEEs separados	Chapajo
De su Provincia (%)		
De su Comunidad Autónoma (%)		
De resto de España (%)		
De importación (%)		

Método de recogida:	RAEEs separados	Chapajo
Lo recogen en otras instalaciones (%)		
Lo reciben en su instalación (%)		

SALIDA DE MATERIAL PROCEDENTE DE CHAPAJO O RAEEs

Destino:	
Almacén de chatarra (%)	
Fragmentadora (%)	
Fundición (%)	
Planta especializada en RAEEs (%)	
Otros (%)	
Especificar:	

Transporte del material de salida:	
Utilizan sus medios de transporte (%)	
Utilizan medios de transporte ajenos (%)	

Destinos geográficos:	
A su Comunidad Autónoma (%)	
Al resto de España (%)	
A la exportación (%)	

ENTRADA DE MATERIAL	
CHAPAJO:	Tm/mes
Grandes Electrodomésticos (frigoríficos, lavadoras...) mezclados en chapajo	%
Pequeños Aparatos Electrodomésticos mezclados en chapajo	%
Aparatos de línea gris (chatarra electrónica, ordenadores, etc) mezclados en chapajo	%
Aparatos de línea marrón (televisores, equipos hi-fi, radios, etc) mezclados en chapajo	%
GRANDES ELECTRODOMÉSTICOS SEPARADOS (no incluidos en chapajo):	Tm/mes
Frigoríficos y neveras	%
Línea blanca (sin frigoríficos): lavadoras, lavavajillas, cocinas, microondas	%
Equipos de aire acondicionado	%
PEQUEÑOS APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS no incluidos en chapajo	Tm/mes
LÍNEA GRIS (chatarra electrónica, ordenadores...) no incluida en chapajo	Tm/mes
LÍNEA MARRÓN (televisores, equipos hi-fi, radios...) no incluida en chapajo	Tm/mes
HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS (taladradoras, corta césped...)	Tm/mes
MÁQUINAS EXPENDEDORAS Y TRAGAPERRAS:	Tm/mes

REUTILIZACIÓN DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS		
La empresa realiza las siguientes operaciones de reutilización:		
Vende aparatos enteros de 2ª mano:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Vende piezas sueltas de aparatos 2ª mano:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
TRATAMIENTO DEL MATERIAL		
La empresa realiza las siguientes operaciones de tratamiento:		
Clasificación por tipo de RAEE:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Desmontaje:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Cizallado:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Empaquetado:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Fragmentado:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Otros procesos:	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
En su caso, especificar:		
.....		
.....		
Observaciones:		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

Anexo 2. ANÁLISIS RESULTADO PRUEBAS PILOTO RAEE.

Tal y como se menciona en el Capítulo 5 de la presente tesis doctoral, para poder contrastar y comprobar los niveles de recuperación y reciclado que se estaban alcanzando a partir del uso de las tecnologías existentes antes de la entrada en vigor de la normativa que regulaba la recogida y reciclaje de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en España se llevaron a cabo una serie de pruebas prácticas con diferentes categorías de RAEE. A continuación se recoge en este anexo el resumen de dichas pruebas piloto, así como el proceso de recogida de datos llevado a cabo en las mismas. Tras la descripción de cada prueba se ha incluido un esquema en el que se establece la cantidad de cada material obtenida, así como los porcentajes de reciclabilidad, valorización y eliminación de forma que se pudieran calcular la distancia de dicho proceso a los objetivos establecidos en el Real Decreto 208/2005 para esa categoría determinada de RAEE.

En alguno de los casos y para eliminar en la manera de lo posible los sesgos debidos al hecho de que la muestra analizada fuese tomada en uno u otro momento y lugar concreto, se realizaron pruebas con la misma categoría en lugares y plantas diferentes.

Las dos últimas pruebas que se recogen son las referidas a Recogida 1x1 de frigoríficos (prueba 007-280115) y recogida en punto limpio/deixallería (prueba 013-150305) en las que sólo se analizaron los niveles de recogida.

Cada prueba se la denominó con un código en virtud del tipo de material que se procesó en ella. Así, en la siguiente tabla se recogen los diferentes tipos de pruebas realizadas, así como una descripción del proceso utilizado y los productos que en ellas se incluyeron:

Tabla 34. Tipos de pruebas piloto de RAEE

Tipo	Denominación	Productos	Proceso
1	Línea Blanca	Grandes Electrodomésticos	- Fragmentación - Medios Densos
2	Línea Blanca sin Frío	Grandes Electrodomésticos excluyendo Frigoríficos, congeladores, Aires acondicionados,...	- Fragmentación - Medios Densos
3	Frío	Frigoríficos, congeladores,...	- Fragmentación - Medios Densos
4	Pequeño Aparato electrodoméstico (PAE)	Pequeños electrodomésticos (Aspiradoras, planchas,...	- Fragmentación - Medios Densos
5	Aire Acondicionado	Aires Acondicionados	- Extracción gas - Extracción aceite
6	Recogida 1x1 Frío	Frigoríficos	Datos de recogida
7	Recogida en Deixallerías	Pequeño electrodoméstico	Datos de recogida

Prueba Piloto N° 003-021204

La prueba se realizó el 2 de diciembre de 2.004 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Álava. La prueba realizada correspondía al tipo 1 (Línea Blanca).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un periodo de tiempo, los residuos de aparatos de Línea Blanca suficientes para la realización de la misma.

En una primera inspección visual del material a procesar, se observaba la presencia mayoritaria de lavadoras y frigoríficos, y como se podrá comprobar en la descripción de otras pruebas de la misma tipología, la poca presencia de cocinas eléctricas y lavavajillas.

La prueba consistía en la fragmentación de aparatos de línea blanca, de los cuales se obtendrían las diferentes fracciones de salida.

La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba es de 3.000 C.V.

Los residuos de aparatos de línea blanca fueron cargados en un camión para proceder a su pesado y posteriormente, mediante una grúa dotada con pulpo, se alimentó la fragmentadora. Una vez fragmentado el material, se realizó un triaje manual donde se extraían del flujo de salida los cables y motores eléctricos compuestos fundamentalmente de hierro y cobre.

Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso, se aspiró el residuo ligero, y con un tambor magnético se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada Metales "sucios", que contenía los metales no magnéticos y el residuo pesado.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable), motores eléctricos (reciclable), metales "sucios" (a medios densos), residuo ligero (eliminación).

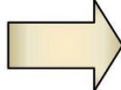
Los metales "sucios" fueron enviados a una Planta Especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de medios densos. La parte no metálica, el residuo estéril, se destino a valorización energética.

Ilustración 92. Alimentación del molino



FICHA PRUEBA PILOTO

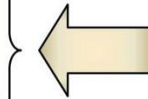
Fecha	2 de diciembre de 2.004
Lugar	ÁLAVA
Nº Prueba	003-021204
Tipo de prueba	Tipo 1



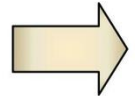
Material (entrada)	Cantidad
Línea Blanca	23.420 kg



Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	13.800 kg
Bobinas Cu-Fe	480 kg
Residuo Ligero	5.640 kg

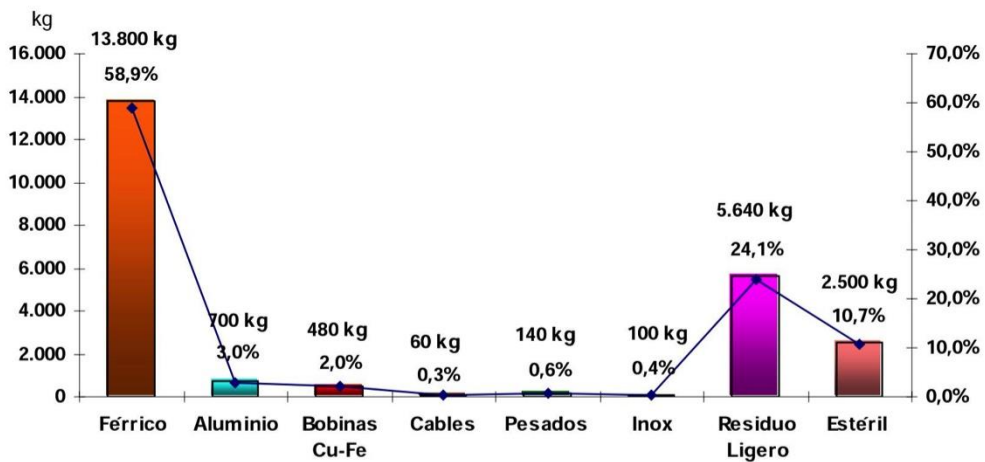


Metales "sucios"	3.500 kg
------------------	----------



Metales "sucios"	Cantidad
Aluminio	700 kg
Pesados (cobres, etc)	140 kg
Inoxidables	100 kg
Cables (cobres+PVC)	60 kg
Estéril (V. Energética)	2.500 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	65,2 %
Valorización Energ.	10,7 %
Valorización	75,9 %
Eliminación	24,1 %

Objetivos R.D. 208/2005	
Reciclado	75 %
Valorización	80 %

Δ
- 9,8
- 4,1

Prueba Piloto N° 004-301104

La prueba se realizó el 30 de noviembre de 2004 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Palencia. La prueba realizada correspondía al tipo 1 (Línea Blanca).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un periodo de tiempo, los residuos de aparatos de Línea Blanca suficientes para la realización de la misma.

No se posee ninguna apreciación visual sobre la muestra utilizada para la prueba, dado que el equipo de proyecto no estaba presente el día que se realizó la misma, si se informó que la muestra contenía fundamentalmente lavadoras y frigoríficos, aunque a la vista de los resultados obtenidos se presupone una mayoría de frigoríficos, o la existencia de una importante cantidad de otros aparatos con mayor riqueza metálica, por ejemplo cocinas eléctricas.

La prueba consistía en la fragmentación de aparatos de línea blanca, de los cuales se obtendrían las diferentes fracciones de salida.

Ilustración 93. Vista panorámica de planta fragmentadora



La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba es de 1.500 C.V.

Los residuos de aparatos de línea blanca fueron cargados en un camión para proceder a su pesado y posteriormente, mediante una grúa dotada con pulpo, se alimentó la fragmentadora.

Una vez fragmentado el material, y a diferencia de otras pruebas realizadas, no se realizaba ningún triaje manual, con lo que todo pasaba en su conjunto a etapas posteriores.

Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso, se aspiró el residuo ligero, y con un tambor magnético se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada Metales "sucios", que contenía los metales no magnéticos y el residuo pesado.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable), metales "sucios" (a medios densos), residuo ligero (eliminación).

Los metales "sucios" fueron enviados a una Planta Especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de medios densos. La parte no metálica, el residuo estéril, se destino a valorización energética.

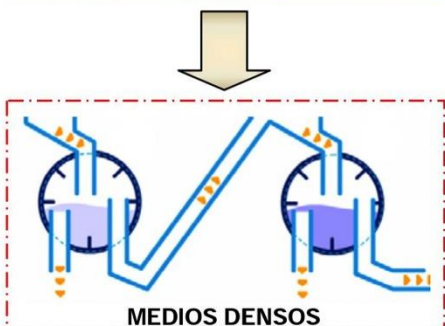
FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	30 de noviembre de 2.004
Lugar	PALENCIA
Nº Prueba	004-301104
Tipo de prueba	Tipo 1



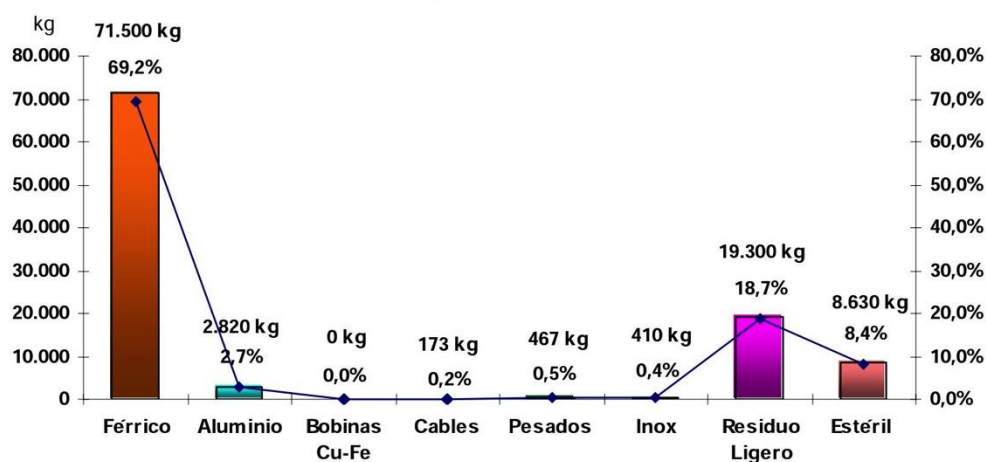
Material (entrada)	Cantidad
Línea Blanca	103.300 kg

Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	71.500 kg
Residuo Ligero	19.300 kg
Metales "sucios"	12.500 kg



Metales "sucios"	Cantidad
Aluminio	2.820 kg
Pesados (cobres, etc)	467 kg
Inoxidables	410 kg
Cables (cobres+PVC)	173 kg
Estéril (V. Energética)	8.630 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	73 %
Valorización Energ.	8,4 %
Valorización	81,3 %
Eliminación	18,7 %

Objetivos R.D. 208/2005		Δ
Reciclado	75 %	- 2
Valorización	80 %	+ 1,3

Prueba Piloto N°: 010-100205

La prueba se realizó el 10 de febrero de 2.005 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Valencia.

La prueba correspondía al tipo 1 (Línea Blanca).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un periodo de tiempo, los residuos de aparatos de Línea Blanca suficientes para la realización de la misma.

El material clasificado era en su totalidad línea blanca empaquetada, aunque se apreciaba nuevamente que la muestra estaba básicamente formada por frigoríficos y lavadoras, incluso en la primera inspección visual del material, se identificaban aprisionados en los paquetes, los contrapesos de hormigón de las lavadoras.

La prueba consistía en la fragmentación de aparatos de línea blanca, de los cuales se obtendrían las diferentes fracciones de salida.

La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba es de 2.000 C.V.

Los residuos de aparatos de línea blanca fueron cargados en un camión para proceder a su pesado y posteriormente, mediante una grúa dotada con pulpo, se alimentó la fragmentadora.

Una vez fragmentado el material, se realizó un triaje manual donde se extraían del flujo de salida los cables y motores eléctricos compuestos fundamentalmente de hierro y cobre.

Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso, se aspiró el residuo ligero, y con un tambor magnético se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada Metales "sucios", que contenía los metales no magnéticos y el residuo pesado.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable), motores eléctricos (reciclable), metales "sucios" (a medios densos), residuo ligero (eliminación).

Los metales "sucios" fueron tratados en la misma planta en una instalación habilitada para la separación de metales no magnéticos mediante corrientes inducidas en diferentes etapas, y por flotación. El residuo estéril fue enviado a valorización energética.

FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	10 de febrero de 2.005
Lugar	VALENCIA
Nº Prueba	010-100205
Tipo de prueba	Tipo 1



Material (entrada)	Cantidad
Línea Blanca	24.060 kg

Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	14.440 kg
Bobinas Cu-Fe	700 kg
Residuo Ligero	6.660 kg

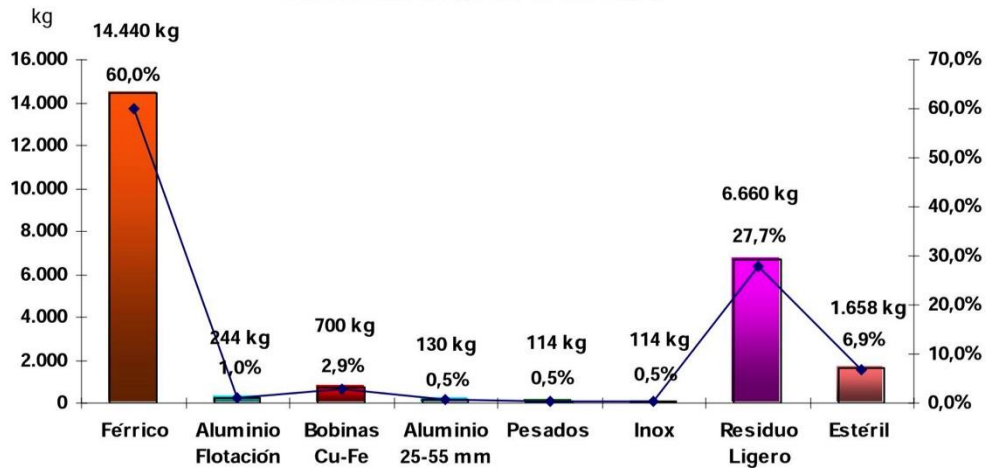


Metales "sucios"	Cantidad
	2.260 kg



Metales "sucios"	Cantidad
Aluminio Flotación	244 kg
Aluminio 25-55 mm	130 kg
Pesados (cobres, etc)	114 kg
Inoxidables	114 kg
Estéril (V. Energética)	1.658 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	65,4 %
Valorización Energ.	6,9 %
Valorización	72,3 %
Eliminación	27,7 %

Objetivos R.D. 208/2005		Δ
Reciclado	75 %	- 9,6
Valorización	80 %	- 7,7

Prueba Piloto N°: 011-070305

La prueba se realizó el 7 de marzo de 2005 en una planta fragmentadora de la provincia de Sevilla. La prueba realizada correspondía al tipo 1 (línea blanca).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un período de tiempo, los residuos de aparatos de línea blanca suficientes para la realización de la misma. El material clasificado era en su totalidad línea blanca empaquetada aunque se apreciaba nuevamente que la muestra estaba básicamente formada por frigoríficos y lavadoras.

La prueba consistía en la fragmentación de aparatos de línea blanca, de los cuales se obtenían las diferentes fracciones de salida. La potencia de la fragmentadora donde se llevó a cabo la prueba era de 4000 CV.

Ilustración 94. Vistas planta fragmentadora



Los residuos de aparatos de línea blanca fueron cargados en un camión para proceder a su pesado y posteriormente, mediante una grúa dotada con pulpo, se alimentó la fragmentadora. Una vez fragmentado el material se realizó un triaje manual donde se extraían del flujo de salida los cables y motores eléctricos compuestos fundamentalmente de hierro y cobre.

Ilustración 95. Cinta de selección y salida de material



Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso se aspiró el residuo ligero y, con un tambor magnético, se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada *Metales "sucios"*, que contenía los metales no magnéticos y el residuo pesado.

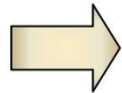
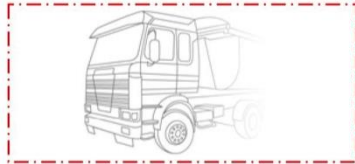
Hay que resaltar, dado que en esta planta estaba previsto incorporar al proceso una planta de tratamiento del residuo ligero, que la potencia de la aspiración en esta instalación era superior a otras visitadas, con lo que a la vista, los metales "sucios" parecían de mayor riqueza metálica. Por la misma razón en el residuo ligero se encontraban algunos fragmentos metálicos de pequeño tamaño.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable), motores eléctricos (reciclable), metales "sucios" (envío a planta de medios densos) y residuo ligero (eliminación).

Los metales "sucios" fueron enviados a una planta especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de separación por flotación en medios densos. La parte no metálica, el residuo estéril, se destinó a valorización energética.

FICHA PRUEBA PILOTO

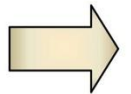
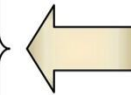
Fecha	7 de marzo de 2.005
Lugar	SEVILLA
Nº Prueba	011-070305
Tipo de prueba	Tipo 1



Material (entrada)	Cantidad
Línea Blanca	32.500 kg

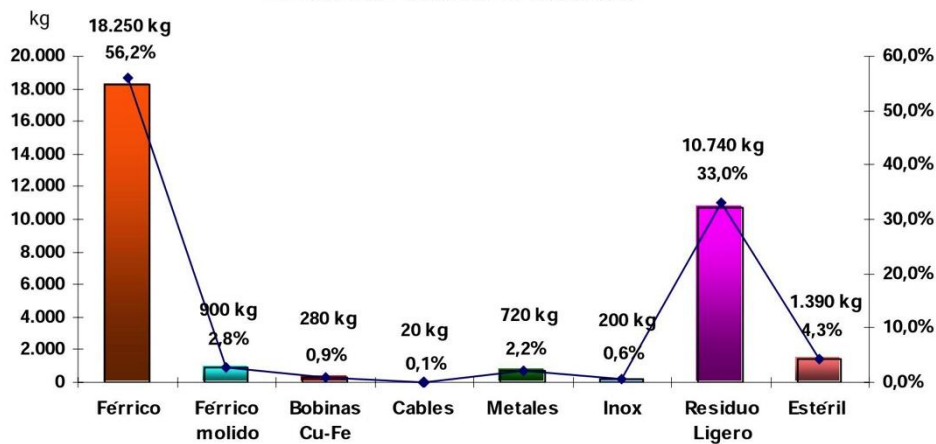


Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	18.250 kg
Bobinas Cu-Fe	280 kg
Residuo Ligero	10.740 kg
<hr/>	
Metales "sucios"	3.230 kg



Metales "sucios"	Cantidad
Férrico molido	900 kg
Metales	720 kg
Cables (Cobres+PVC)	20 kg
Inoxidables	200 kg
Estéril (V. Energética)	1.390 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	62,7%
Valorización Energ.	4,3%
Valorización	67%
Eliminación	33%

Objetivos R.D. 208/2005	
Reciclado	75 %
Valorización	80 %

Δ	
Reciclado	- 12,3
Valorización	- 13

Prueba Piloto Nº: 012-080305

La prueba se realizó el 8 de marzo de 2.005 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Cádiz.

La prueba realizada correspondía al tipo 1 (Línea Blanca).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un periodo de tiempo, los residuos de aparatos de Línea Blanca suficientes para la realización de la misma.

En una primera inspección visual del material a procesar, se observaba la presencia mayoritaria de lavadoras y frigoríficos, y como se podrá comprobar en la descripción de otras pruebas de la misma tipología, la poca presencia de cocinas eléctricas y lavavajillas.

La prueba consistió en la fragmentación de aparatos de línea blanca, de los cuales se obtuvieron las diferentes fracciones de salida. La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba era de 900 CV.

Ilustración 96. Vista planta fragmentadora y tambor magnético



Los residuos de aparatos de línea blanca fueron cargados en un camión para proceder a su pesado y posteriormente mediante una grúa dotada de pulpo se alimentó la fragmentadora.

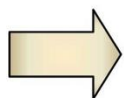
Una vez fragmentado el material, se realizó un triaje manual donde se extrajeron del flujo de salida los cables y motores eléctricos. Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso, se spiró el residuo ligero y, con un tambor magnético, se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada Metales "sucios", que contenía los metales no magnéticos y el residuo pesado.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable) Motores eléctricos (reciclable), metales "sucios" (a medios densos) y residuo ligero (eliminación).

Los metales sucios fueron enviados a una planta especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de medios densos. La parte no metálica, el residuo estéril, se destinó a valorización energética.

FICHA PRUEBA PILOTO

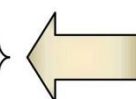
Fecha	8 de marzo de 2.005
Lugar	CÁDIZ
Nº Prueba	012-080305
Tipo de prueba	Tipo 1



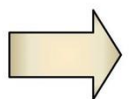
Material (entrada)	Cantidad
Línea Blanca	38.500 kg



Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	20.220 kg
Bobinas Cu-Fe	760 kg
Residuo Ligero	7.680 kg

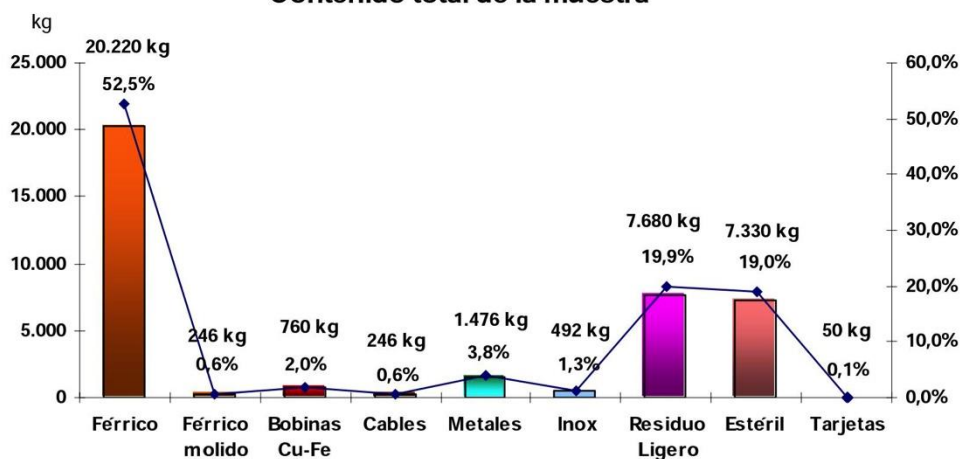


Metales "sucios"	Cantidad
	9.840 kg



Metales "sucios"	Cantidad
Férrico molido	246 kg
Metales	1.476 kg
Cables (Cobres+PVC)	246 kg
Inoxidables	492 kg
Tarjetas	50 kg
Estéril (V. Energética)	7.330 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	61%
Valorización Energ.	19%
Valorización	80%
Eliminación	20%

Objetivos R.D. 208/2005	
Reciclado	75%

Δ	
Reciclado	-14

Valorización	80%
--------------	-----

Valorización	0
--------------	---

Prueba Piloto Nº: 006-290105

La prueba se realizó el 29 de enero de 2005 en una planta Fragmentadora de la provincia de Madrid.

La prueba se realizó con RAEEs del tipo 2 (línea blanca sin frío).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un período de tiempo los residuos de aparatos de línea blanca suficientes para la realización de la misma, pero excluyendo de estos los frigoríficos y aparatos de aire acondicionado.

En una primera inspección visual del material a procesar, se observaba la presencia mayoritaria de lavadoras, algún lavavajillas y microondas y, como se puede comprobar en la descripción de otras pruebas, nuevamente se denotó una escasa presencia de hornos eléctricos.

La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba era de 2000 CV y contaba con un prefragmentador que acondicionaba el material cargado para facilitar el proceso de fragmentación.

Ilustración 97. RAEEs a fragmentar y Prefragmentador



Los residuos de aparatos de línea blanca sin frío fueron cargados en un camión para proceder a su pesado y posteriormente, mediante una grúa dotada con pulpo, se alimentó la fragmentadora.

Una vez fragmentado el material, se realizó un triaje manual donde se extrajeron del flujo de salida los cables y motores eléctricos.

Ilustración 98. Motores eléctricos y fragmentada férrica



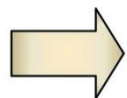
Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso, se aspiró el residuo ligero, y con un tambor magnético se separó la fracción férrica.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable), motores eléctricos (reciclable), metales "sucios" (envío a medios densos) y residuo ligero (eliminación).

Los metales sucios fueron enviados a una planta especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de medios densos. La parte no metálica se destinó a valorización energética.

FICHA PRUEBA PILOTO

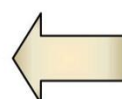
Fecha	29 de enero de 2.005
Lugar	MADRID
Nº Prueba	006-290105
Tipo de prueba	Tipo 2



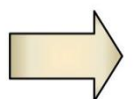
Material (entrada)	Cantidad
Línea Blanca sin Frío	28.320 kg



Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	17.300 kg
Bobinas Cu-Fe	1.000 kg
Residuo Ligero	2.620 kg

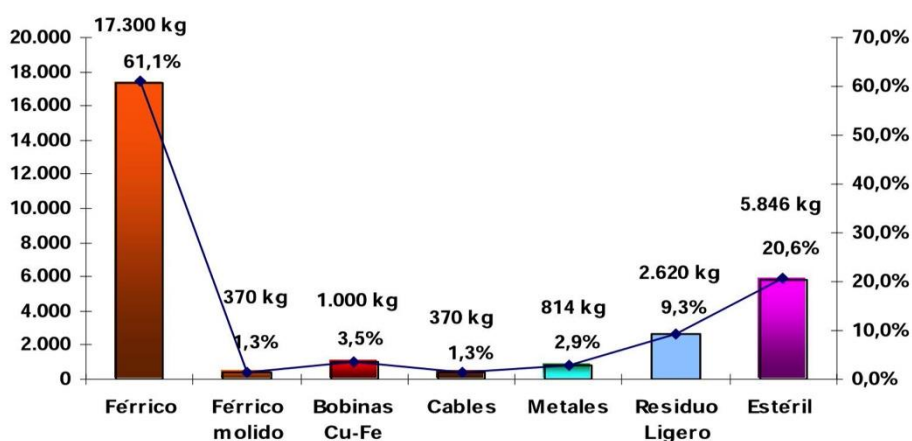


Metales "sucios"	7.400 kg
------------------	----------



Metales "sucios"	Cantidad
Férrico molido	370 kg
Metales	814 kg
Cables (Cobres+PVC)	370 kg
Estéril (V. Energética)	5.846 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	70,1%
Valorización Energ.	20,6%
Valorización	90,7%
Eliminación	9,3%

Objetivos R.D. 208/2005	
Reciclado	75%
Valorización	80%

Δ	
Reciclado	- 4,9
Valorización	+10,7

Prueba Piloto N°: 008-040205

La prueba se realizó el 4 de febrero de 2.005 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Barcelona. La prueba correspondió a material del tipo 2 (línea blanca sin frío).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un período de tiempo los residuos de aparatos de línea blanca suficientes para la realización de la misma, pero excluyendo de estos los frigoríficos y aparatos de aire acondicionado.

En una primera inspección visual del material a procesar, se observaba la presencia mayoritaria de lavadoras, algún lavavajillas y microondas, y como se podrá comprobar en la descripción de otras pruebas, nuevamente la poca presencia de cocinas eléctricas.

La prueba consintió en la fragmentación de aparatos de línea blanca sin frío de los cuales se obtuvieron las diferentes fracciones de salida.

Ilustración 99. Vista fragmentadora y residuo ligero



La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba era de 4000 CV.

Los residuos de aparatos de línea blanca sin frío fueron cargados en un camión para proceder a su pesado previo y posteriormente mediante una grúa dotada de un pulpo se alimentó la fragmentadora.

A diferencia de otras pruebas piloto, en esta no se realizaba triaje manual para retirar los motores eléctricos.

Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso, se aspiró el residuo ligero, y con un tambor magnético se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada Metales "sucios", que contenía los metales no magnéticos y el residuo pesado.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable), metales "sucios" (a medios densos) y residuo ligero (eliminación).

Los "metales sucios" fueron procesados por la misma empresa en una instalación de medios densos de su propiedad ubicada a pocos kilómetros de la Planta Fragmentadora.

Uno de los materiales resultantes tras el paso por los medios densos fue el férrico molido, que contenía una importante cantidad del hormigón de los contrapesos de las lavadoras

FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	4 de febrero de 2.005
Lugar	BARCELONA
Nº Prueba	008-040205
Tipo de prueba	Tipo 2



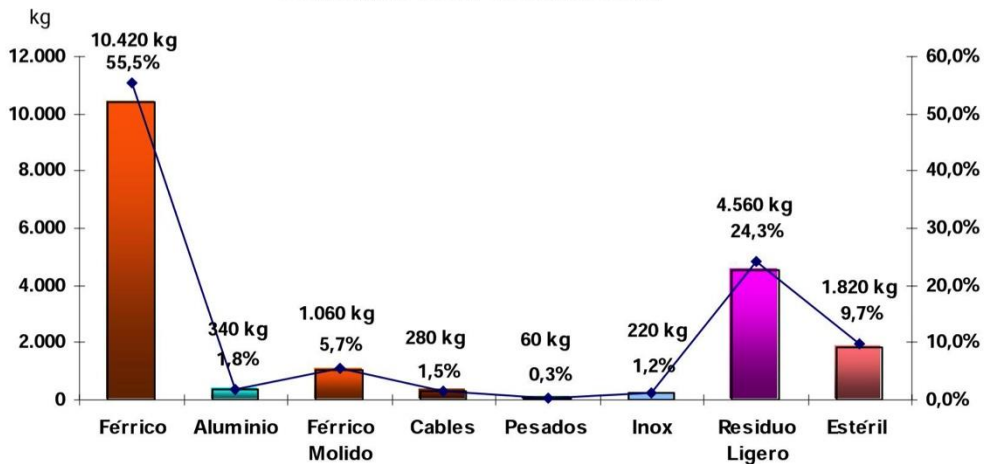
Material (entrada)	Cantidad
Línea Blanca sin Frío	18.760 kg

Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	10.420 kg
Residuo Ligero	4.560 kg
Metales "sucios"	3.780 kg



Metales "sucios"	Cantidad
Aluminio	340 kg
Pesados (cobres, etc)	60 kg
Inoxidables	220 kg
Cables (cobres + PVC)	280 kg
Férrico molido	1.060 kg
Estéril (V. Energética)	1.820 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	66%
Valorización Energ.	9,7%
Valorización	75,7%
Eliminación	24,3%

Objetivos R.D. 208/2005	
Reciclado	75%
Valorización	80%

Δ	
Reciclado	- 9
Valorización	- 4,3

Prueba Piloto Nº: 005-290105

La prueba se realizó el 29 de enero de 2.005 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Madrid.

La prueba realizada correspondía al tipo 3 (Frío).

Para la realización de la prueba se clasificaron durante un periodo de tiempo, los residuos de aparatos de frío (frigoríficos, frigoríficos combinados, congeladores) suficientes para la realización de la misma.

La prueba consistió en la fragmentación de aparatos de frío clasificados, de los cuales se obtuvieron las diferentes fracciones de salida.

La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba es de 2.000 C.V.

Los residuos de aparatos de frío fueron cargados en un camión para proceder a su pesado y posteriormente, mediante una grúa dotada con pulpo, se alimentó la fragmentadora. Una vez fragmentado el material, se realizó un triaje manual donde se extrajeron del flujo de salida los cables y motores eléctricos compuestos principalmente de hierro y cobre.

Mediante ciclones localizados en diferentes puntos del proceso, se aspiró el residuo ligero, y con un tambor magnético se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada Metales "sucios", que contenía los metales no magnéticos y el residuo pesado.

Las distintas fracciones de salida fueron: Material Férrico (reciclable), motores eléctricos (reciclable), metales "sucios" (envío a medios densos) y residuo ligero (eliminación).

La fracción de residuo ligero estaba compuesta fundamentalmente por fragmentos de unos 5 cm de lado de poliuretano, utilizado como aislante en el conjunto del bastidor de los aparatos de frío.

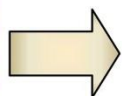
Ilustración 100. Compresores triados manualmente y poliuretano



Los metales sucios fueron enviados a una planta especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de medios densos. La parte no metálica, el residuo estéril, se destinó a valorización energética.

FICHA PRUEBA PILOTO

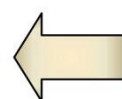
Fecha	29 de enero de 2.005
Lugar	MADRID
Nº Prueba	005-290105
Tipo de prueba	Tipo 3



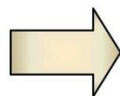
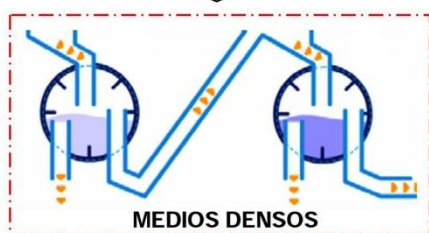
Material (entrada)	Cantidad
Frío	12.720 kg



Material (Salida)	Cantidad
Material Férrico	7.360 kg
Bobinas Cu-Fe	1.520 kg
Residuo Ligero	2.700 kg

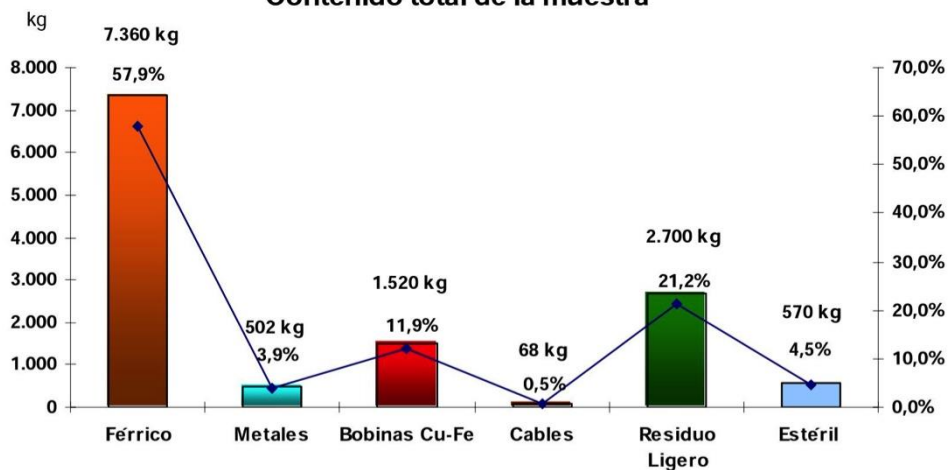


Metales "sucios"	Cantidad
Metales "sucios"	1.140 kg



Metales "sucios"	Cantidad
Metales	502 kg
Cables (Cobres+PVC)	68 kg
Estéril (V. Energética)	570 kg

Contenido total de la muestra



Resultados Prueba*	
Reciclado	74,3%
Valorización Energ.	4,5%
Valorización	78,8%
Eliminación	21,2%

Objetivos R.D. 208/2005	
Reciclado	75%
Valorización	80%

Δ	
Reciclado	- 0,7
Valorización	- 1,2

Prueba Piloto N°: 001-101104

La prueba se realizó el 10 de noviembre de 2.004 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Zaragoza.

La prueba realizada correspondió al tipo 4 (Pequeño Aparato Electrodoméstico).

Para la prueba se utilizó una partida de pequeños electrodomésticos que procedían principalmente de servicios técnicos de reparación.

En una primera inspección visual del material a procesar se observaba la presencia mayoritaria de aspiradoras, planchas, freidoras y tostadoras. Así mismo, es de destacar la presencia de una cantidad considerable de embalajes de cartón, aspecto que hubo que tener en cuenta a la hora de obtener los resultados, dado que este input podía distorsionar a la baja los ratios de reciclabilidad obtenidos a partir de los resultados finales.

La prueba consistió en la fragmentación de PAE para la obtención de las diferentes fracciones de salida.

La potencia de la fragmentadora donde se realizó la prueba era de 1000 CV.

Ilustración 101. Carga de PAE y tambor magnético



Los PAE fueron cargados en un camión para proceder a su pesado antes de ser fragmentados.

Se instaló una sonda isocinética en la salida de la chimenea de salida de aire de aspiración para medir los sólidos en suspensión, así como su composición. Esta medición contó con la colaboración de los técnicos de la empresa Soluziona.

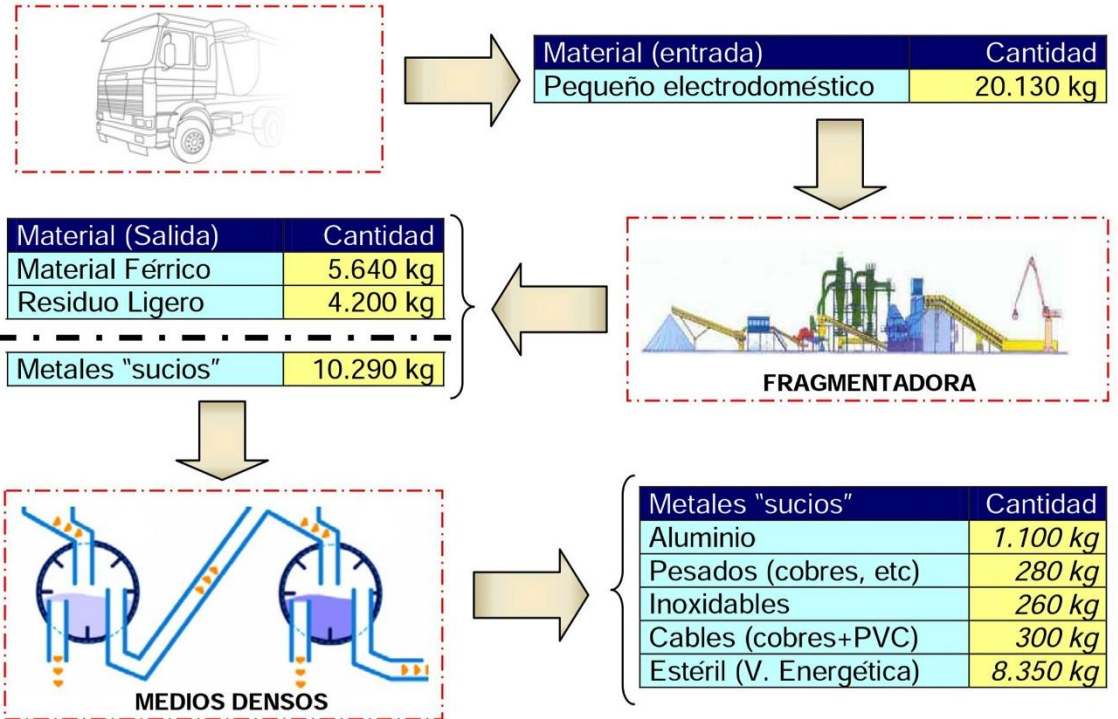
Se tomaron muestras aleatorias del residuo ligero de fragmentadora, de la mezcla de dichas muestras se tomó una muestra compuesta que se envió al laboratorio para ser analizada.

Una vez fragmentado el material, se realizó un triaje manual donde se extrajo del flujo de material los cables y motores eléctricos.

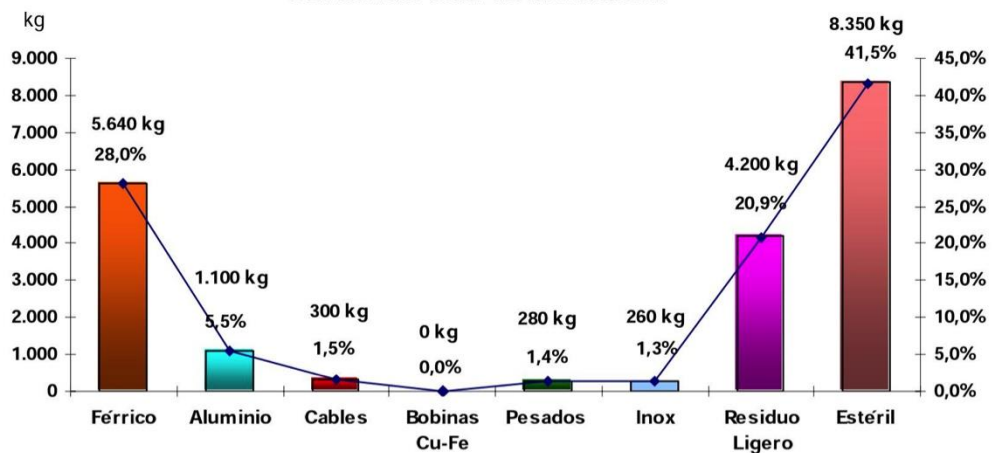
Mediante un tambor magnético se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada "metales sucios". Dichos metales "sucios" fueron enviados a una planta especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de medios densos. La parte no metálica se destinó a valorización energética.

FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	Miércoles, 10 de noviembre de 2.004
Lugar	ZARAGOZA
Nº Prueba	001-101104
Tipo de prueba	Tipo 4



Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	37,7 %
Valorización Energ.	41,5 %
Valorización	79,2 %
Eliminación	20,8 %

Objetivos R.D. 208/2005		Δ
Reciclado	50 %	- 12,3
Valorización	70 %	+ 9,2

Prueba Piloto N°: 002-021204

La prueba se realizó el 2 de diciembre de 2.004 en una Planta Fragmentadora de la provincia de Álava.

La prueba a realizar correspondía al tipo 4 (PAE).

Para la prueba se utilizó una partida de pequeños electrodomésticos que procedían principalmente de los servicios técnicos de reparación de estos electrodomésticos.

En una primera inspección visual del material a procesar, se observó la presencia mayoritaria de aspiradoras, planchas, freidoras, masajeadores de pies y tostadoras.

En este caso, al contrario que en la prueba 001-101104, no se apreciaba en una primera inspección visual la presencia abundante de embalajes de cartón. El contenido de la muestra era bastante homogéneo y sin elementos extraños.

Ilustración 102. PAE y cables seleccionados



La fragmentadora donde se realizó la prueba tenía una potencia de 3000 CV.

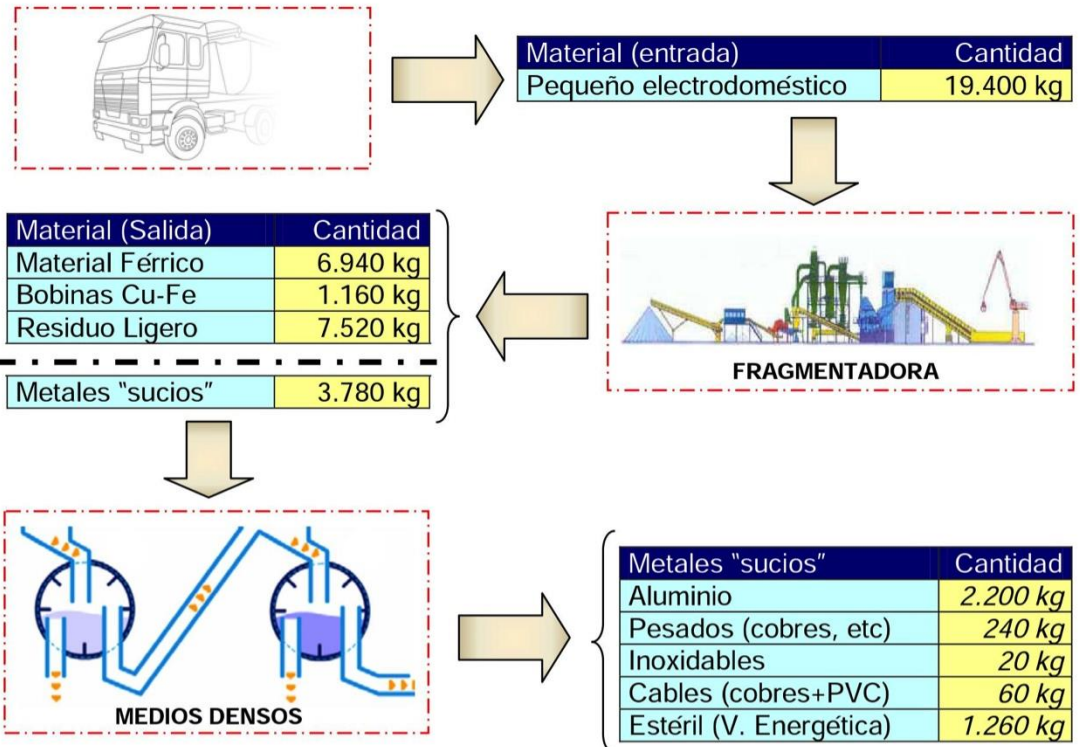
Los PAE fueron cargados en un camión para proceder a su pesado antes de ser fragmentados.

Una vez fragmentado el material se realizó un triaje manual donde se extrajeron los cables y motores eléctricos compuestos fundamentalmente de hierro y cobre.

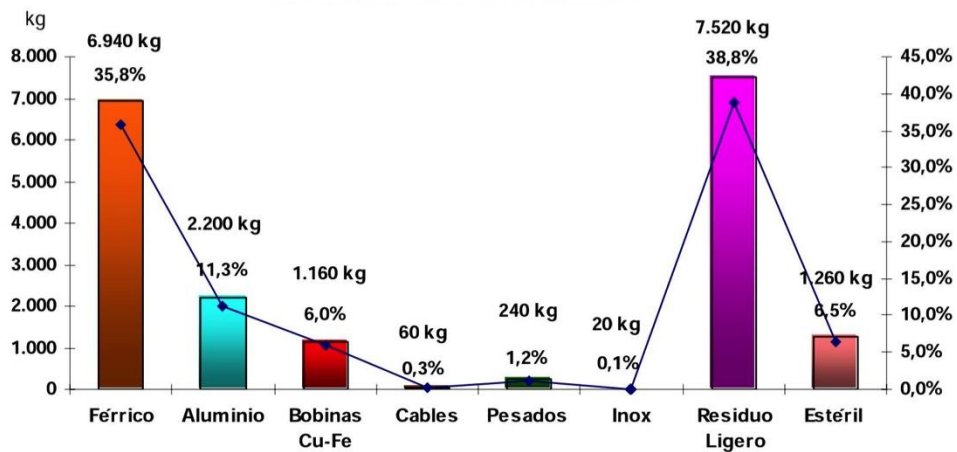
Mediante un tambor magnético se separó la fracción férrica, con lo que en este flujo central sólo quedaba la fracción denominada "metales sucios". Dichos metales "sucios" fueron enviados a una planta especializada donde se separaron los distintos metales a través de una instalación de medios densos. La parte no metálica se destinó a valorización energética.

FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	2 de diciembre de 2.004
Lugar	ÁLAVA
Nº Prueba	002-021204
Tipo de prueba	Tipo 4



Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	54,7 %
Valorización Energ.	6,5 %
Valorización	61,2 %
Eliminación	38,8 %

Objetivos R.D. 208/2005		Δ
Reciclado	50 %	+ 4,7
Valorización	70 %	- 8,8

Prueba Piloto N°: 009-180205

La prueba se realizó durante el periodo de tiempo comprendido entre el 18 y el 25 de febrero de 2.005 en las instalaciones de una empresa de la provincia de Zaragoza.

La prueba a realizar correspondía al tipo 5 (Aire Acondicionado).

Para la prueba se utilizaron un total de 50 aparatos de aire acondicionado procedentes de "Puntos Limpios" de la provincia de Zaragoza.

La prueba consistió en el desmontaje de los aparatos de aire acondicionado para separar por materiales sus distintos componentes, y la extracción del aceite y el gas contenido en su circuito de refrigeración.

Mediante destornilladores eléctricos se separaron la parte metálica y de plástico que constituían las carcasas. Seguidamente se extrajo el gas contenido en el circuito de refrigeración. Mediante una herramienta especial se llevó a cabo la succión en un proceso de depresión para su posterior almacenamiento en un recipiente de seguridad.

Ilustración 103. Desmontaje de carcasas



Una vez vaciado el circuito de refrigeración, se separó el compresor del resto del aparato, y se perforó la base del mismo para la extracción del aceite.

Los compresores se colocaron sobre una parrilla situada sobre un cubeto que estaba directamente conectado a un pequeño depósito de almacenamiento de aceite.

Ilustración 104. Proceso de extracción de aceite



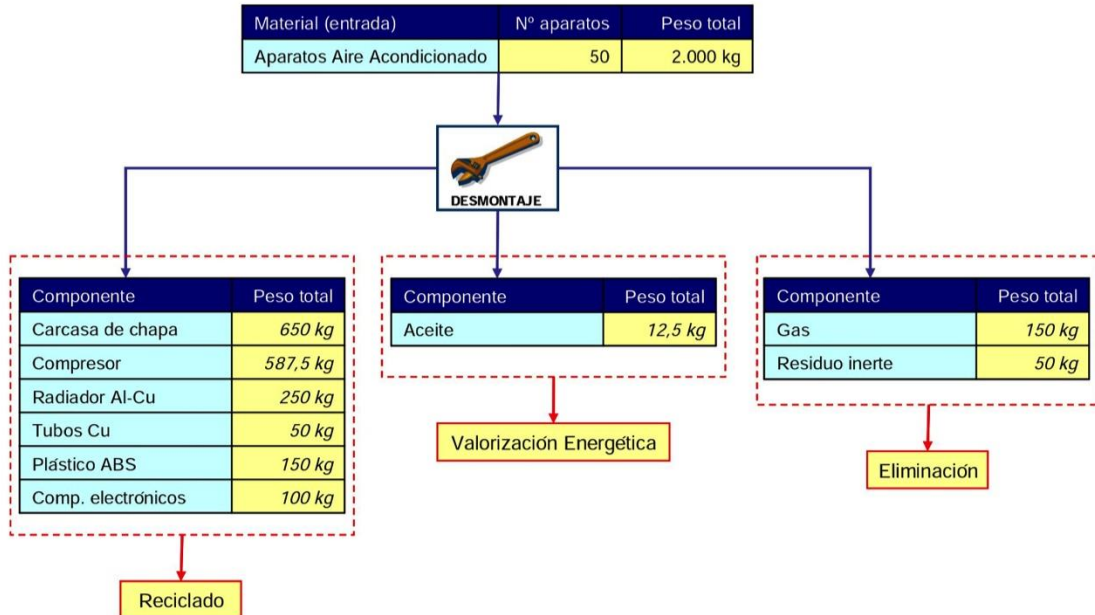
El resto de los componentes se fueron desmontando y clasificando por tipo de material para su posterior, según el caso, reciclaje, valorización o eliminación. La fracción de residuo inerte, estaba exclusivamente constituida por lanas de vidrio utilizadas como aislante térmico.

Una vez finalizada la prueba las fracciones de salida fueron:

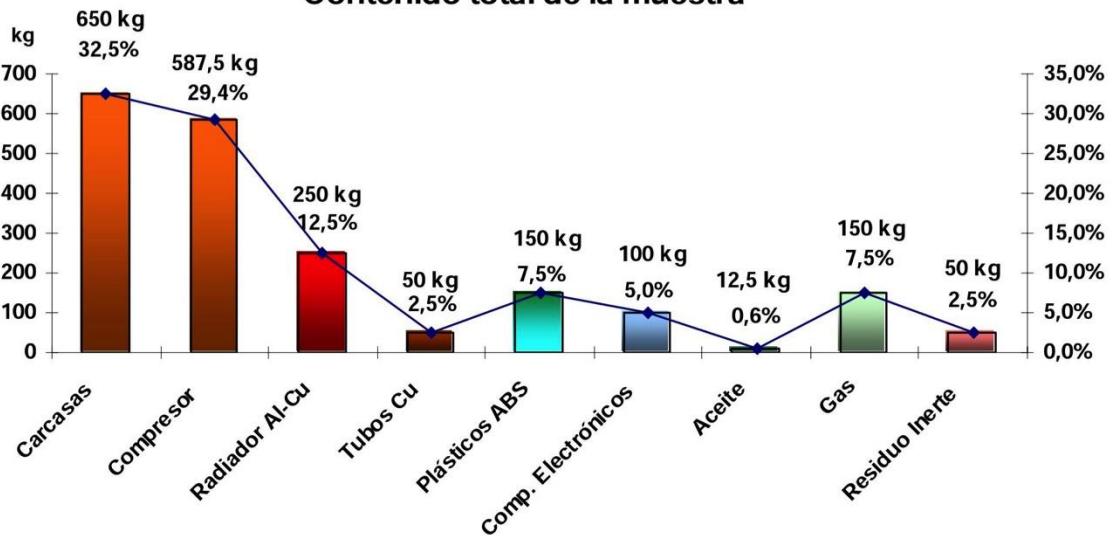
- Carcasas de Chapa.
- Compresores.
- Radiadores de Aluminio-Cobre.
- Tubos de Cobre.
- Plásticos ABS.
- Componentes electrónicos.
- Gas.
- Aceite.
- Residuo Inerte.

FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	18-25 de febrero de 2.005
Lugar	ZARAGOZA
Nº Prueba	09-180205
Tipo de prueba	Tipo 5



Contenido total de la muestra



Resultados Prueba	
Reciclado	89,4 %
Valorización Energ.	0,6 %
Valorización	90 %
Eliminación	10 %

Objetivos R.D. 208/2005		Δ
Reciclado	75 %	+ 14,4
Valorización	80 %	+10

Prueba Piloto Nº: 007-280105

La prueba se realizó durante el periodo de tiempo comprendido entre el 20 y el 28 de enero de 2.005 en las instalaciones de una empresa de la provincia de Madrid.

La prueba a realizar correspondió al tipo 6 (Recogida 1x1).

La prueba consistió en clasificar y contabilizar durante un periodo de 8 días (del 20 a 28 de enero), todos los frigoríficos que eran recepcionados en la planta y que provenían de un mismo distribuidor o transportista. La empresa distribuidora/transportista cuando llevaba a cabo la entrega en el domicilio del frigorífico vendido, en muchos casos se llevaba el antiguo frigorífico desechado.

Esta modalidad de recogida de RAEEs, donde se sustituye uno nuevo por otro desechado, y es el propio distribuidor/transportista, el que hace la entrega del nuevo y la retirada del desechado, se denomina Recogida 1x1.

Ilustración 105. Frigoríficos para prueba 1x1



Estos aparatos, junto con otros RAEE, son normalmente llevados por el propio transportista a diferentes plantas para su almacenamiento, clasificación y tratamiento.

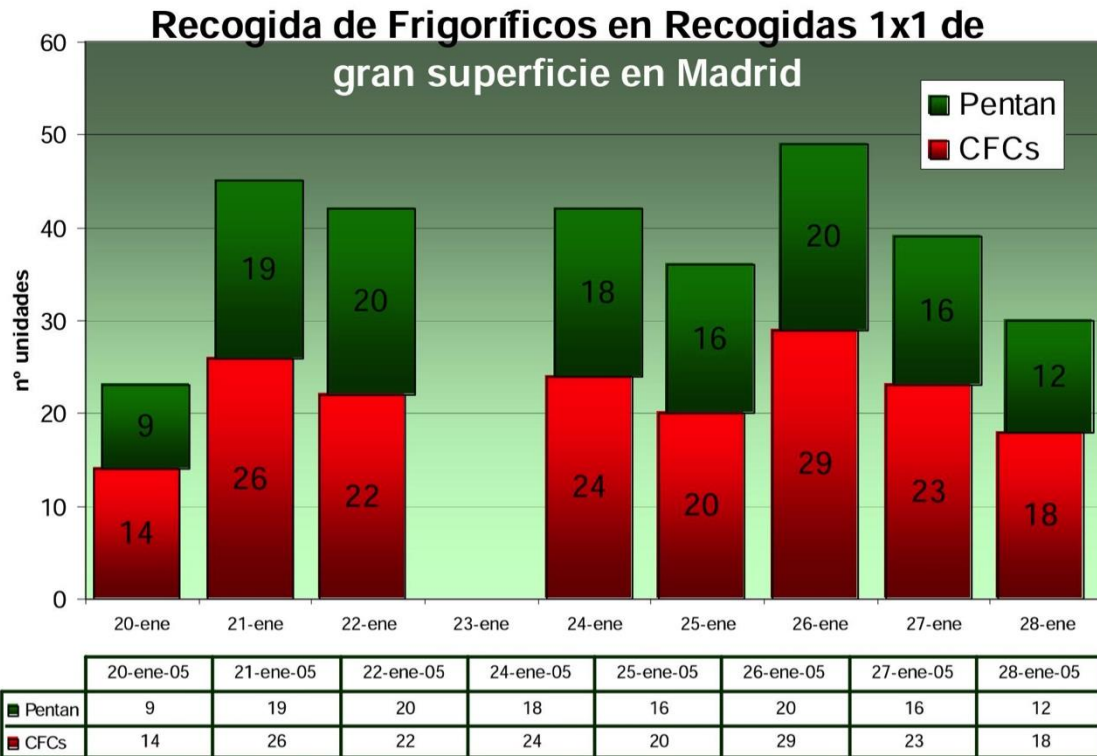
Para la realización de la prueba, una vez recibido el material, se llevó a cabo un proceso de separación de los materiales que contenían CFC en su circuito de refrigeración de los que contenían Penano o Ciclipentano contabilizando cada categoría por separado.

Esta clasificación se podía realizar de manera sencilla, dado que los frigoríficos que contienen Ciclopentano (Pentan), vienen marcados de manera visible en la parte posterior.

Esta operación se realizó durante ocho días, y con ello se pretendía establecer una estimación de los porcentajes de frigoríficos que llegaban al final de su vida útil, en aquel momento, de uno y otro tipo, dado que como se ha explicado en apartados anteriores, el tratamiento al que se somete a dichos aparatos no es el mismo.

FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	20-28 de enero de 2.005
Lugar	MADRID
Nº Prueba	007-280105
Tipo de prueba	Tipo 6



Resultados Prueba		
	Ud	%
Pentan	130	42,5
CFCs	176	57,5
Total	306	

Prueba Piloto Nº: 013-150305

La prueba se realizó durante un periodo de tiempo de 30 días comprendido entre el 14 de febrero y el 15 de marzo de 2005 en las instalaciones de una empresa de la provincia de Barcelona.

La ubicación de esta prueba en Cataluña se debió en parte a la significativa red de *Deixallerías* (puntos limpios) existentes, así como a la alta concienciación que existía entre la población.

La prueba a realizar correspondía al tipo 7 (Recogida en *Deixallerías*).

Por jaula se denomina al tipo de contenedor utilizado en las *Deixallerías* para almacenar temporalmente de forma clasificada, los diferentes tipos de residuos, entre los que se encuentran los RAEEs, que son depositados por particulares y cuyo origen es domiciliario.

Ilustración 106. Jaula de recogida en Deixallería



La prueba consistía en la separación durante 1 mes, de 25 jaulas, una diaria, de entre el total de las recibidas durante el periodo establecido, que

provenían de las diferentes *Deixallerías* del Área Metropolitana de Barcelona.

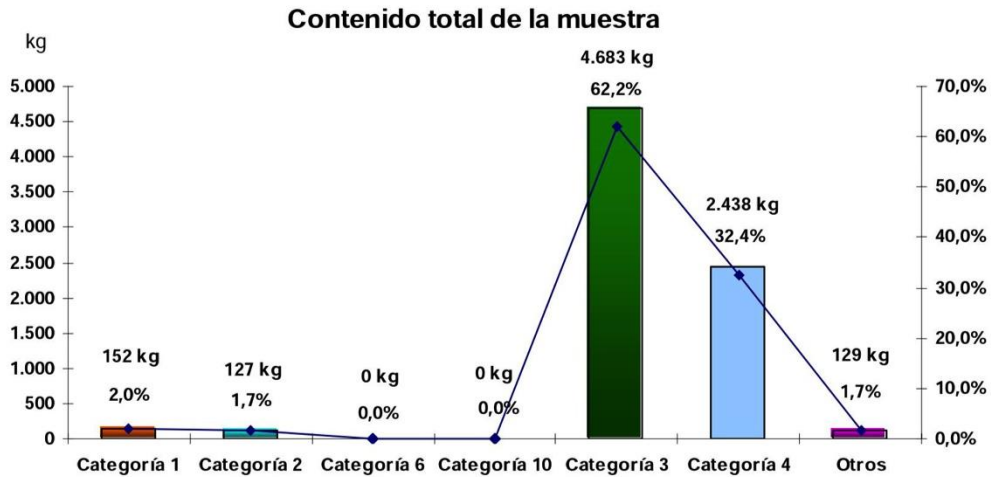
Cada jaula seleccionada fue analizada, pesando y clasificando cada uno de los elementos contenidos en la misma. Los RAEE clasificados fueron contabilizados según la categoría a la que pertenecían, anotando su peso, de cara a establecer el peso total por categoría.

Del mismo modo, durante el mismo período de tiempo se contabilizaron las cantidades de línea blanca y, dentro de esta, particularmente los frigoríficos, recogidos tanto en la clasificación de Grandes Electrodomésticos en las *Deixallerías*, como los que eran retirados en las zonas habilitadas para tal fin por el servicio municipal de Recogida de Residuos Voluminosos.

A continuación, en la ficha de la prueba, se muestran los resultados en ambas pruebas.

FICHA PRUEBA PILOTO

Fecha	14 de febrero al 15 de marzo de 2.005
Lugar	BARCELONA
Nº Prueba	013-150305
Tipo de prueba	Tipo 7



Otros datos recogidos durante el periodo (14 de febrero – 15 de marzo)

RECOGIDA DE GRANDES ELECTRODOMÉSTICOS EN DEIXALLERÍAS (NO-JAULAS)

Material (entrada)	Cantidad Recogida
Frigoríficos	18.500 kg
Línea Blanca (sin frío)	39.500 kg
Total Categoría 1	58.000 kg

RECOGIDA DE GRANDES ELECTRODOMÉSTICOS EN PLANTA DE VOLUMINOSOS

Material (entrada)	Cantidad Recogida
Frigoríficos	12.000 kg
Línea Blanca (sin frío)	44.000 kg
Total Categoría 1	56.000 kg

Total

Material (entrada)	Cantidad Recogida
Frigoríficos	30.500 kg
Línea Blanca (sin frío)	83.500 kg
Total Categoría 1	114.000 kg