Estudio sobre

LA RECUPERACIÓN DE ENVASES DE ALUMINIO

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. LEGISLACIÓN VIGENTE 1
1.1.1. Normativa Europea 1
A). Normativa General de Residuos 1
B). Normativa Específica de Residuos de Envases 2
1.1.2. Normativa Española 2
A). Legislación Básica de Residuos y Legislación Específica 2
B). Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015 4

1.2. SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS 6
1.2.1. Sistema de Depósito, Devolución y Retorno 6
1.2.2. Sistemas Integrados de Gestión de Residuos de Envases y Envases Usados.. 9

2. SITUACIÓN EN ESPAÑA Y EUROPA 14
2.1. SITUACIÓN EN ESPAÑA 14
2.2. SITUACIÓN EN EUROPA 30
A). Comunicación de la Comisión sobre la estrategia temática sobre prevención y reciclado de residuos 30
B). Informe de la Comisión Europea sobre la aplicación de la legislación comunitaria en materia de residuos 31
C). Informe de la Comisión Europea sobre la aplicación de la Directiva 94/62/CE..... 32
D). Estudio piloto sobre la efectividad de los Sistemas de Gestión de Envases 37
E). Informe de la Agencia Europea de Medioambiente 39

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ENVASES DE ALUMINIO 41
3.1. REQUISITOS DE ENVASES 41
3.2. EL ALUMINIO EN LOS ENVASES 43
3.3. VENTAJAS DEL ALUMINIO RECICLADO 46
3.4. CLASIFICACIÓN Y ALEACIONES 49

4. PROCESO DE RECICLAJE 61
4.1. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS 61
4.2. GESTIÓN DE LOS ENVASES DE ALUMINIO 64
A). Diagrama de flujo 1 64
B). Diagrama de flujo 2 67
4.3. TRATAMIENTO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS 68
4.4. FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE SELECCIÓN DE ENVASES 71

5. FUNDICIÓN DE ALUMINIO. CONFORMACIÓN DE ENVASES DE BEBIDA 76
5.1. INTRODUCCIÓN. GRÁFICO GLOBAL DEL PROCESO DEL RECICLADO 76
5.1.1. Pretratamiento y Fundición 78
A). Recepción y Pretratamiento del material recuperado 78
B). Fundición 79
C). Productos de Fundición 81
5.2. CONFORMACIÓN DE ENVASES DE BEBIDA 87

6. MAQUINARIA DEL PROCESO DE RECICLADO DE ENVASES 91
6.1. ELEMENTOS DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE ENVASES 91

A). Almacenaje de residuos e incorporación al proceso 91
B). Segregación 93
C). Aspirador neumático de films 95
D). Tromel 95
E). Cribas 97
F). Electroimán 97
G). Inductores 98
H). Cintas de triaje 99
I). Separadores ópticos 100
J). Prensas 100

7. EL COMPOSTAJE EN EL RECICLADO DE ENVASES DE ALUMINIO 101
7.1. INTRODUCCIÓN 101
7.2. PROCESO DE COMPOSTAJE 104

8. LA INCINERACIÓN EN EL RECICLAJE DE ENVASES DE ALUMINIO 110
8.1. INTRODUCCIÓN 110
8.2. LEGISLACIÓN 112
8.3. EL PROCESO DE INCINERACIÓN 116
8.3.1. Introducción 116
8.3.2. Etapas del Proceso 117

9. ANÁLISIS DE DATOS 135
9.1. DATOS A NIVEL NACIONAL 135
9.1.1. Envases de Aluminio 135
9.1.2. Aluminio-Cacharro 135
9.1.3. Cantidad Total de Envases de Aluminio 136
9.1.4. Datos por Tipo de Envase 136
9.1.5. Datos por su Origen Geográfico 137
9.1.6. Datos por su Destino Geográfico 138

9.2. DATOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS 139
9.2.1. Datos Comunidades Autónomas 140
9.2.2. Cantidad Total de Envases de Aluminio 140
9.2.3. Datos por Tipo de Envase 141
9.2.4. Datos por su Origen Geográfico 141
9.2.5. Datos por su Destino Geográfico 141

9.3. COMPARATIVA 2.006-2.010 175
9.4. RECUPERACIÓN POR HABITANTE 178

10. ECOEMBES 180

11. RESUMEN 181
11.1. TASAS DE RECICLADO Y VALORIZACIÓN 182

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 LEGISLACIÓN VIGENTE.

1.1.1 Normativa Europea.

a) Normativa General de Residuos.

La gestión de los residuos generados dentro de la Unión Europea y sus efectos sobre el medio ambiente y la salud humana, es una constante preocupación de las autoridades europeas, que se ha ido materializando en diversas iniciativas legislativas desde hace varias décadas.

La gestión de residuos ya fue abordada hace casi 30 años por la entonces Comunidad Económica Europea, mediante la **Directiva Marco 75/442/CEE,** que fue modificada posteriormente por las **Directivas 91/156/CEE y 2006/12/CE**, para finalmente ser sustituidas a finales del año 2008 por la nueva **Directiva 2008/98/CE Marco de Residuos**.

Estas Directivas son la base de todo el desarrollo normativo sobre residuos, tanto a nivel europeo como nacional. Así, en España, en base a la Directiva de 1991, fue aprobada la **Ley 10/1998** que constituye la legislación básica de residuos a nivel 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 y en la que se amplían las definiciones de residuo, valorización y eliminación, se introducen conceptos nuevos como el criterio de fin de la condición de residuo, se favorece la valorización de los residuos y la utilización de materiales valorizados a fin de preservar los recursos naturales o se refuerzan las medidas que deben tomarse respecto a la prevención de residuos, cuya transposición está prevista para finales de 2010.

Dentro de las medidas que recoge esta Directiva Marco de 2008 que pueden tener especial incidencia en la gestión de los residuos de envase señalamos:

- 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.

b) Normativa Específica de Residuos de Envases.

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 (cerca del 30% de los residuos urbanos, lo que supone en España unas 8.000.000 Tm/año), se aprobó la **Directiva 94/62/CE** relativa a los envases y residuos de envases,

La mencionada **Directiva 94/62/CE**, relativa a los envases y residuos de envases, 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 parte, 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 preveia esta directiva se han modificado por unos mas 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).

1.1.2 Normativa Española.

a) Legislación Básica de Residuos y Legislación Específica.

La gestión de los envases y residuos de envase se regula en primer lugar en la normativa básica la **Ley 10/1998** de forma muy breve y genérica, ya que principalmente 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 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 LERE:

"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:*

% en peso	Papel y Cartón	Metales		Vidrio	Plásticos	Madera
		Acero	Aluminio			
Objetivos de la Directiva	**60**	**50**		**60**	**22.5**[1]	**15**

1 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.

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".*

b) Plan Nacional de Integrado de Residuos 2008-2015.

En febrero de 2009 se publicó el nuevo **Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015**, que sustituye a los anteriores planes nacionales específicos e incluye 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.

Este Plan establece un apartado concreto para los **Residuos de Envases y Envases Usados**, en el que se describe la situación actual y establece una serie de medidas para favorecer las opciones prioritarias de gestión previas a la eliminación como son la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización. Más detalladamente 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:

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

c) Nueva Ley de Residuos y Suelos Contaminados.

En España la transposición de la Directiva 2008/98/CE se está realizando a través de la llamada Ley de Residuos y Suelos Contaminados, que al momento de redactarse estas líneas está en proceso de tramitación.

El borrador recoge la recogida separada por materiales que hemos mencionado anteriormente y otras novedades como:

- "*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 el artículo 30.3 para:

a) envases industriales,
b) envases colectivos y de transporte,
c) envases y residuos de envases de vidrio, plástico y metal,
d) Otros productos reutilizables".

En este supuesto, se tendrá en cuenta la viabilidad técnica y económica de estos sistemas, el conjunto de impactos ambientales, sociales y sobre la salud humana, y respetando la necesidad de garantizar el correcto funcionamiento del mercado interior. El Gobierno remitirá a las Cortes Generales los informes preceptivos de viabilidad técnica, ambiental y económica que se realicen con carácter previo a la implantación de un sistema de depósito devolución y retorno.

- *El establecimiento de un calendario de sustitución de las bolsas de plástico de un solo uso (que son envases)*

- *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*

Dado que todavía no está aprobado el texto definitivo y que la misma Ley marca un plazo de 3 años para la adecuación a esta futura nueva Ley de las disposiciones de desarrollo en materia de residuos, no podemos analizar con más detalle su alcance y por tanto se realizará en ediciones sucesivas de este Informe.

1.2 SISTEMAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS.

Para conseguir sus objetivos, la **Ley 11/1997** de Envases regula dos procedimientos:

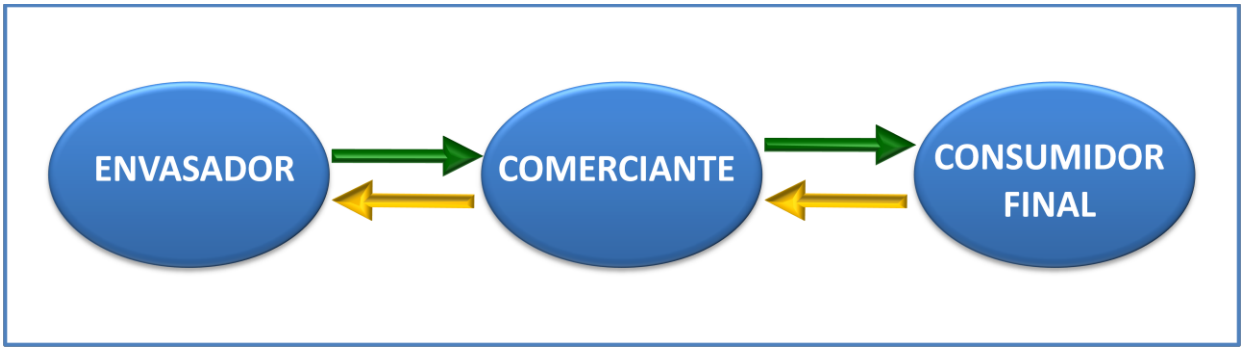
- **Sistema de Depósito, Devolución y Retorno** (SDDR), en el que los distintos agentes que participen en la cadena de comercialización de un producto envasado (envasadores, importadores, mayoristas y minoristas) deben cobrar a sus clientes, hasta el consumidor final y en concepto de depósito, una cantidad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

1.2.1 Sistema de Depósito, Devolución y Retorno.

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.

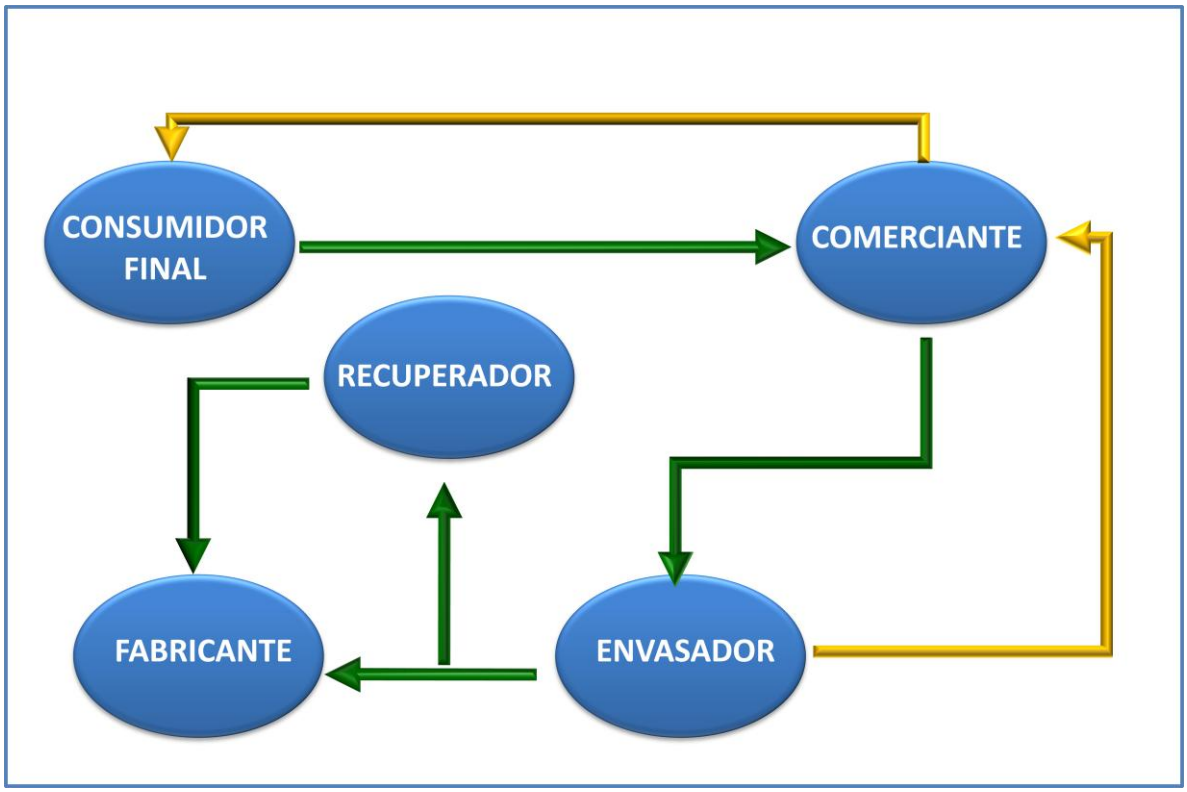
El poseedor final de los residuos de envases y envases usados deberá entregarlos, en condiciones adecuadas de separación por materiales, a un agente económico para su reutilización, a un recuperador, a un reciclador o a un valorizador autorizado.

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



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

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



Una vez que lo ha utilizado, el consumidor retorna el envase usado (**flecha verde**), recibiendo la cantidad adicional que pagó por el envase (**flecha amarilla**).

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, 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.

Si los anteriores agentes económicos, por razón de los materiales utilizados, no se hicieran cargo de los residuos de envases y envases usados, estos se podrán entregar a los fabricantes e importadores o adquirentes en otros estados miembros de la Unión Europea de envases y materias primas para la fabricación de envases, quienes estarán obligados a hacerse cargo de los mismos a precio de mercado.

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:

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. Debido al objetivo de este estudio, nos referiremos exclusivamente al caso del aluminio.

Para el caso de los envases de aluminio 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.

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

1.2.2 Sistemas integrados de gestión de residuos de envases y envases usados.

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 integrado de gestión de los residuos de envases y envases usados de los productos que comercialicen.

El Sistema Integrado de Gestión se constituirá mediante acuerdos entre los agentes económicos interesados (a excepción de los consumidores y Administraciones públicas), debiendo ser autorizados por el órgano competente de cada Comunidad Autónoma en la que se implante territorialmente. Dentro de estos agentes económicos se encuentran los fabricantes, importadores o adquirentes en otros Estados miembros de materias primas para la fabricación de envases; los fabricantes de envases; los envasadores y los comerciantes o distribuidores.

En España, se ha creado, un Sistema Integrado de Gestión de residuos de envases y envases usados, cuyos gestor es Ecoembalajes España, S.A., (ECOEMBES), 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 Integrado de Gestión es el conocido Punto Verde, a través del cual se acredita que dicho producto cumple con las obligaciones establecidas en la **Ley 11/1997**.

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:

Material	Aluminio	Acero	Cartón para bebidas	Cerámica	Madera y Corcho	Plásticos		Papel/ Cartón	Otros
2009 (€/Kg)	0,102	0,061	0,266	0,018	0,019	0,278	0,329	0,051	0,329
2010- 2011 (€/Kg)	0,102	0,085	0,323	0,020	0,021	0,377	0,472	0,068	0,472

(Fuente: ECOEMBES)

La participación de las Entidades locales en los sistemas integrados de gestión de residuos de envases se llevará a efecto mediante la firma de convenios de colaboración entre éstas y la entidad a la que se le asigne la gestión del sistema. 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 integrado de gestión 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 (**flecha amarilla**) 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 integrado de gestión 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

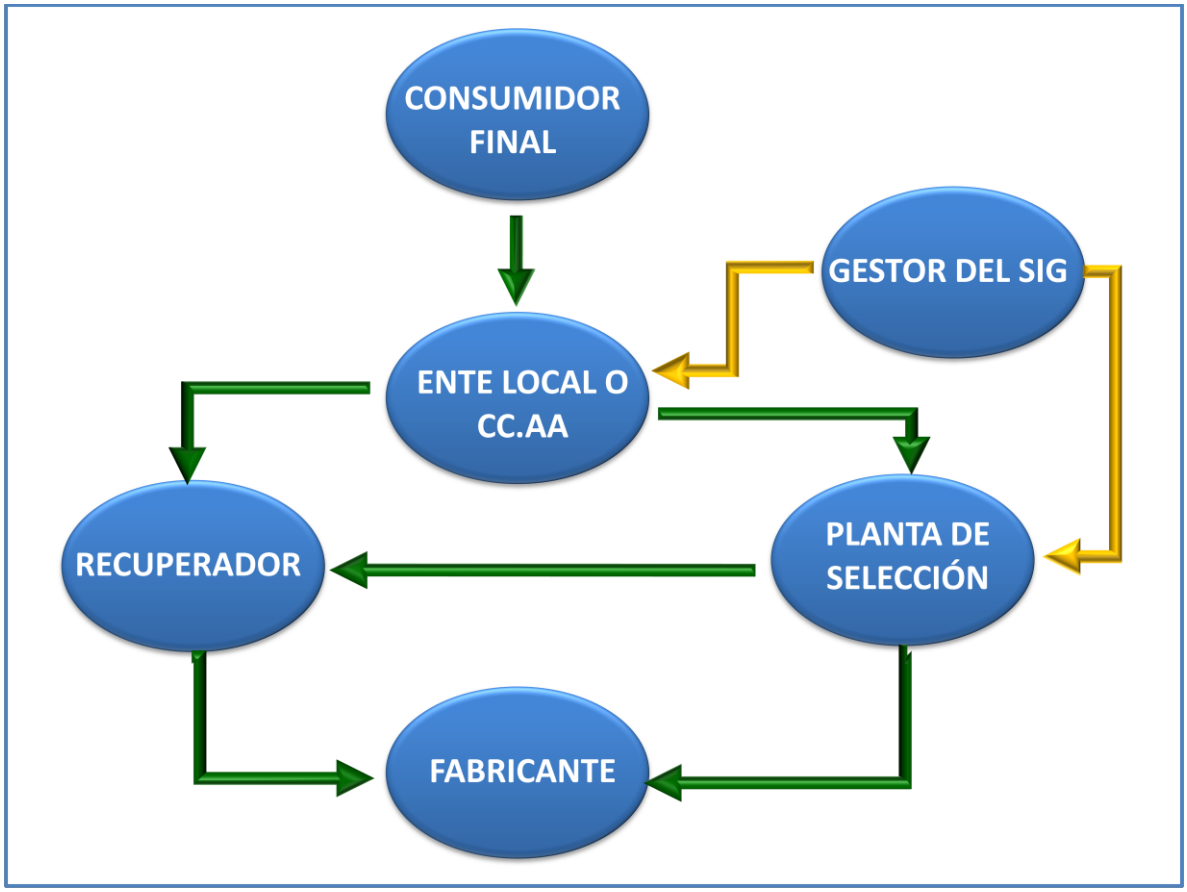
de los comerciantes o distribuidores de productos envasados o de los titulares de otras empresas de servicios.

A continuación, se muestran en la siguiente figura los pasos iniciales del Sistema Integrado de Gestión.

El envasador vende su producto sin ningún coste adicional por razón del envase (**flecha amarilla**) y pagará al sistema integrado de gestión (**flecha verde**) una cantidad por cada producto envasado puesto por primera vez en el mercado nacional.

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

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.



El consumidor entregará el envase usado o el residuo de envase (**flecha verde**), sirviéndose para ello de los contenedores amarillos o, a falta de los mismos, en los contenedores habituales.

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

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.

Si los anteriores agentes económicos, por razón de los materiales utilizados, no se hicieran cargo de los residuos de envases y envases usados, éstos se podrán entregar a los fabricantes e importadores o adquirentes en otros Estados miembros de la Unión Europea de envases y materias primas para la fabricación de envases, quienes estarán obligados a hacerse cargo de los mismos, a precio de mercado, aunque solo de los residuos de envases y envases usados que sean

de los mismos materiales por ellos utilizados y reúnan al tiempo, las mismas características esenciales de capacidad de reciclaje. Igualmente, no podrán ser obligados a hacerse cargo de una cantidad superior a su capacidad máxima de puesta en el mercado nacional. Los agentes económicos pueden asociarse para el cumplimiento de estas obligaciones.

En España los agentes involucrados en este proceso, trabajan en la manera de 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.** Con motivo de ello, la **ASOCIACIÓN PARA EL RECICLADO DE PRODUCTOS DE ALUMINIO (ARPAL)** y **LA FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE LA RECUPERACIÓN Y EL RECICLAJE (FER),** acordaron la realización de una serie de estudios que les permitieran 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. Tras lo cual se han realizado los estudios correspondientes a los años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 y, en este nuevo documento se recogen las actividades desarrolladas y los resultados obtenidos en referencia al año 2010.

2. SITUACIÓN EN ESPAÑA Y EUROPA

2. SITUACIÓN EN ESPAÑA Y EUROPA

2.1 SITUACIÓN EN ESPAÑA

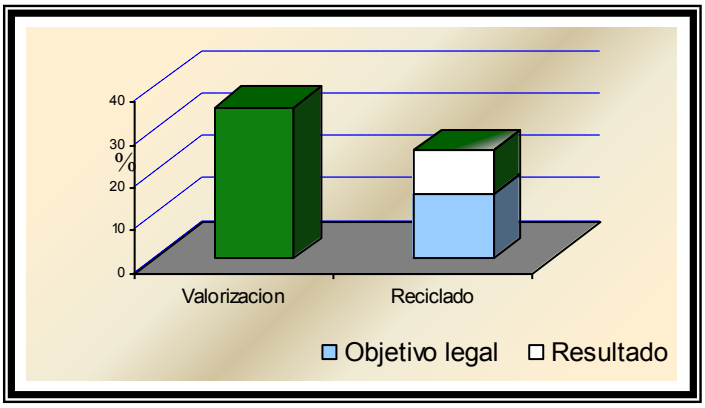
La **Ley 11/1997** de Envases y Residuos de Envases que traspone la Directiva de Envases estableció unos objetivos a cumplir por el Estado Español. A continuación vamos a resumir los objetivos y los resultados obtenidos en su cumplimiento:

A) Año 2000.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales:

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales	---	15
Resultado	35.3	23.8

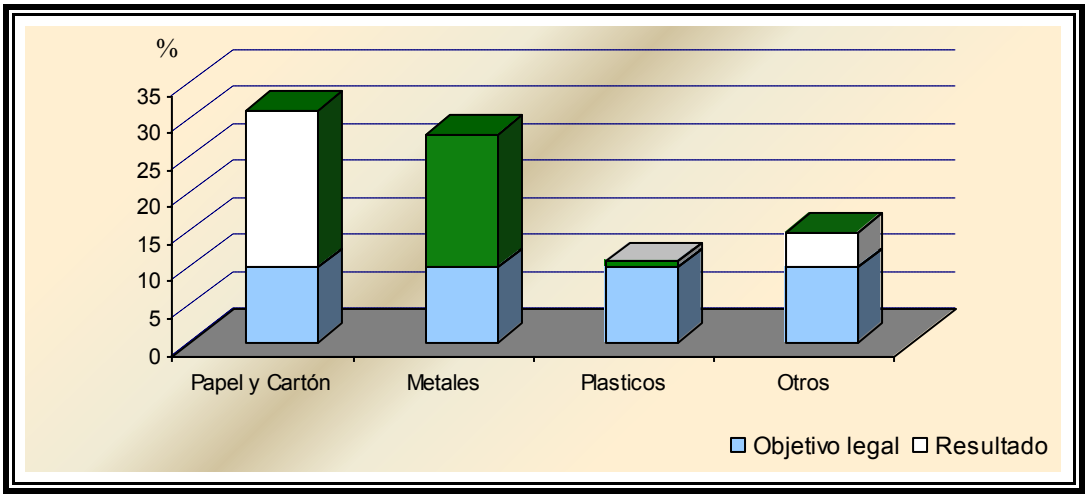
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales :

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Otros
Objetivos Legales	10	10	10	10
Resultado	31.3	28	10.9	14.8

Fuente: ECOEMBES

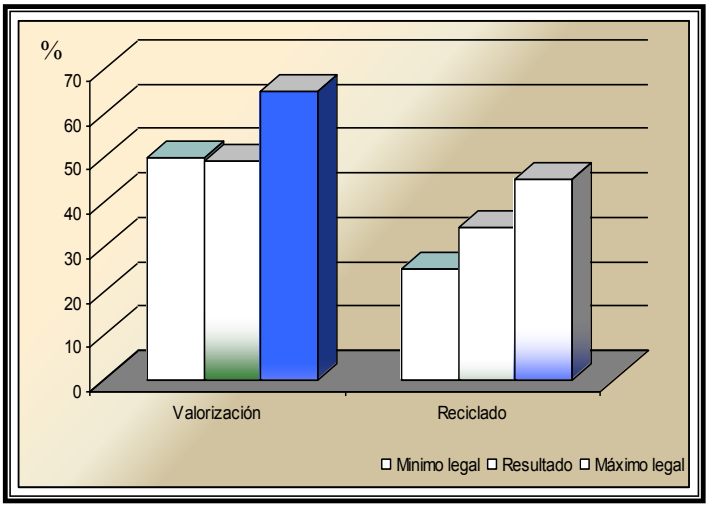


B) Año 2001.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales:

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Resultado	49.2	34.3

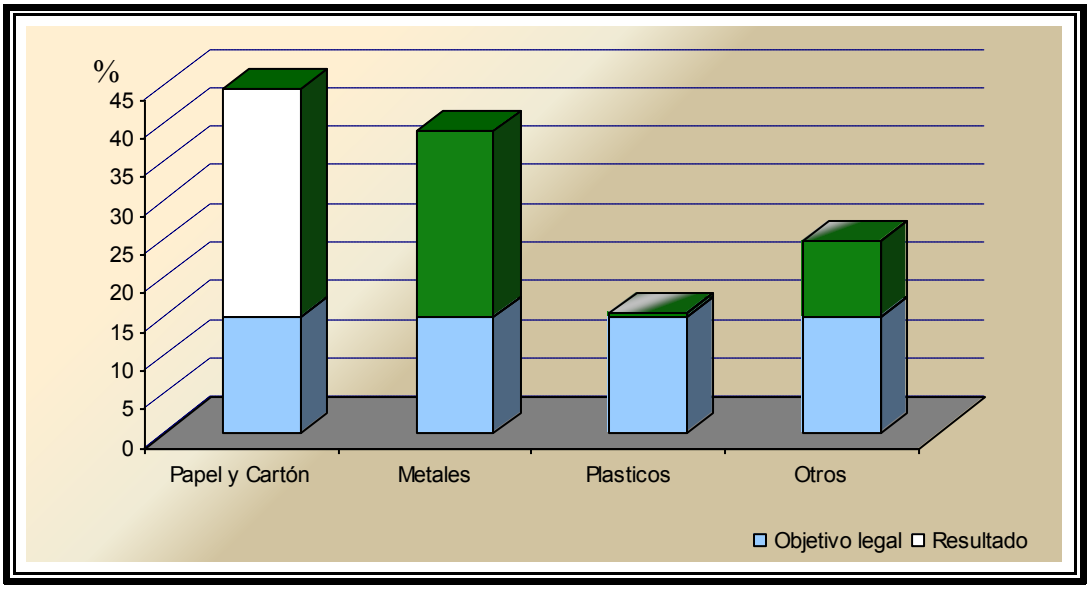
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales :

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Otros
Objetivos Legales	15	15	15	15
Resultado	44.5	39.1	15.6	24.9

Fuente: ECOEMBES

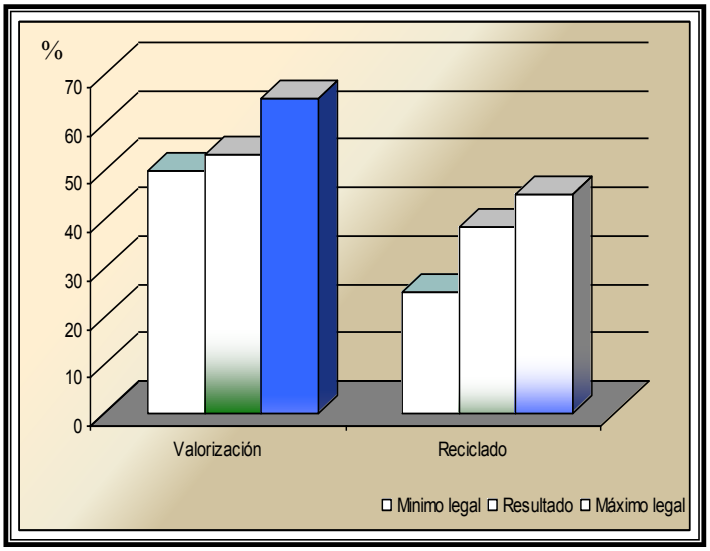


C) Año 2002.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales :

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Resultado	53.5	38.5

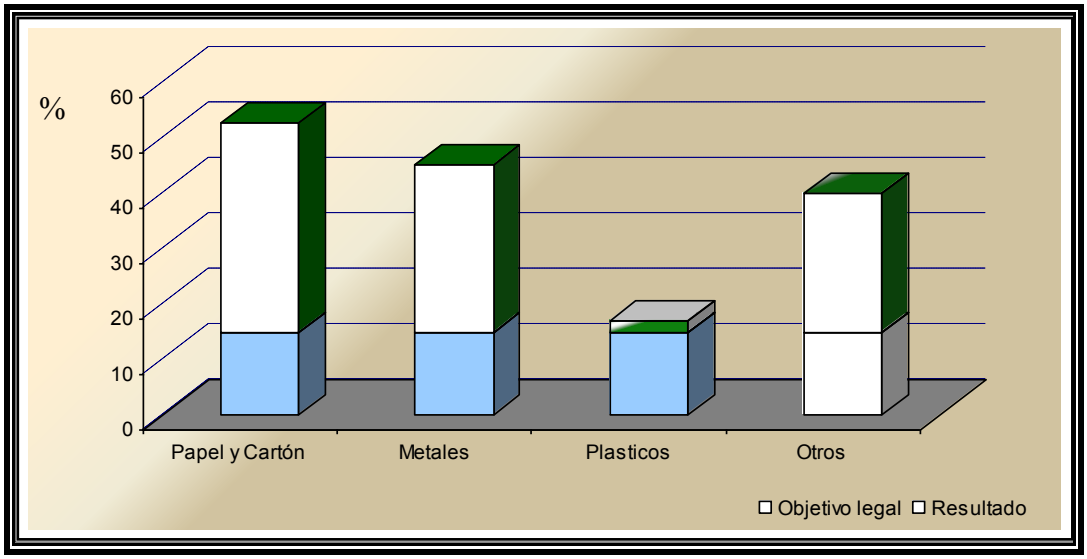
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales:

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Otros
Objetivos Legales	15	15	15	15
Resultado	52.7	45.0	17.0	40.1

Fuente: ECOEMBES

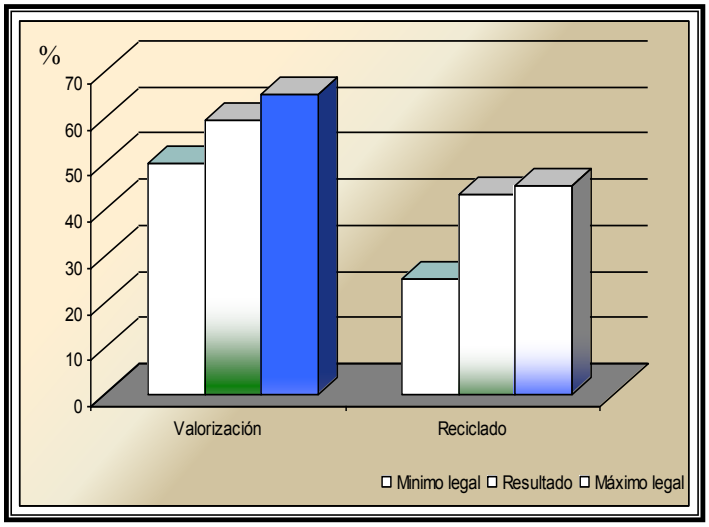


D) Año 2003.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales:

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Resultado	59.2	43.3

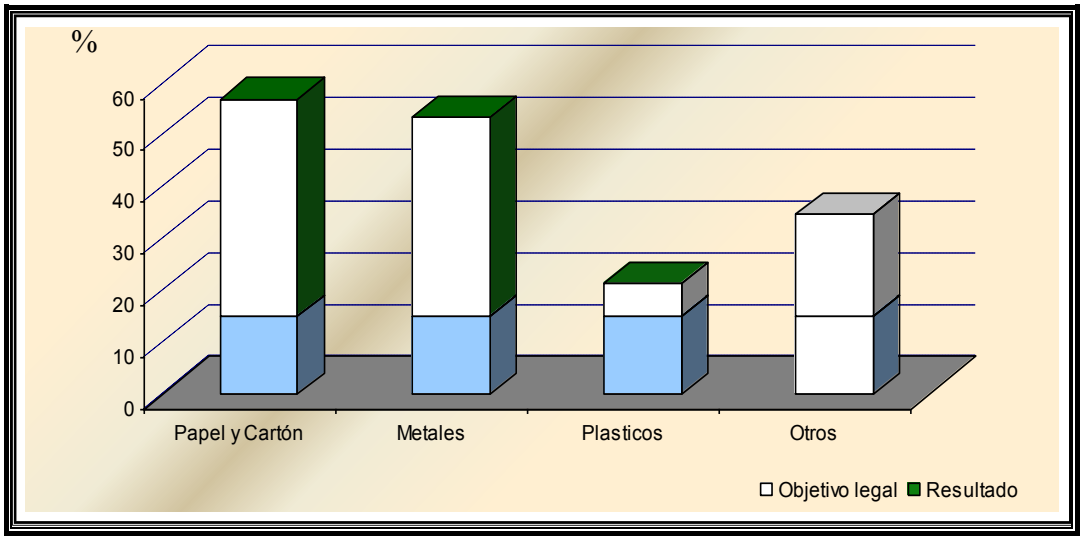
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Otros
Objetivos Legales	15	15	15	15
Resultado	56.9	53.3	21.4	34.7

Fuente: ECOEMBES

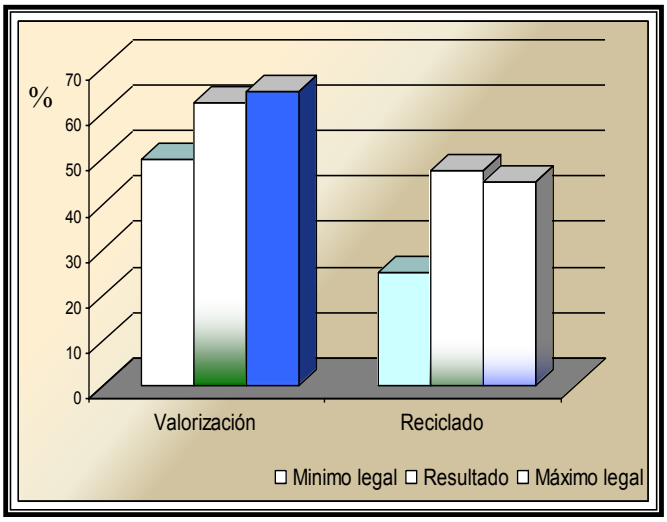


E) Año 2004.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales:

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Resultado	62.4	47.3

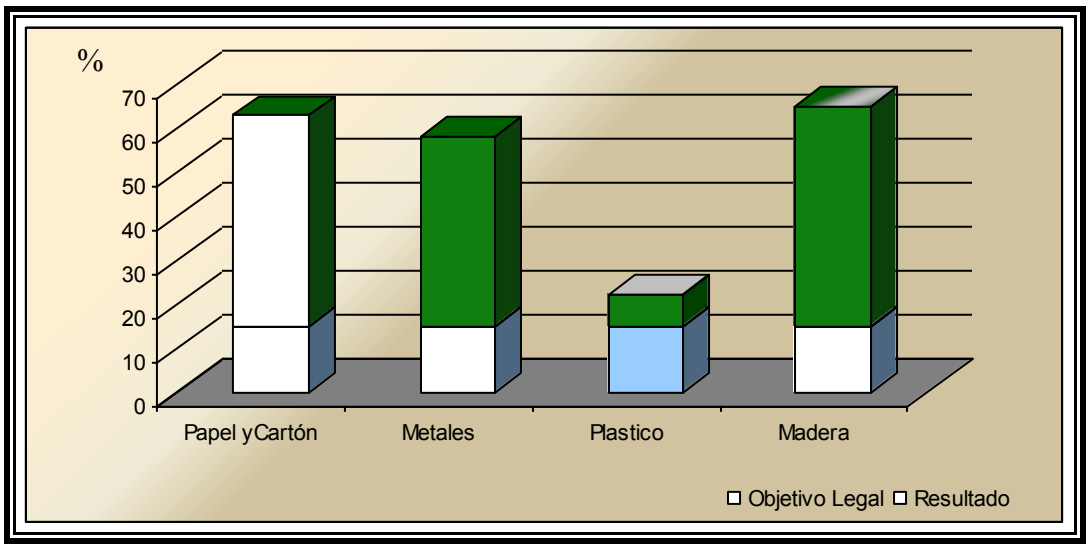
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Madera
Objetivos Legales	15	15	15	15
Resultado	63	58.1	22.3	65.2

Fuente: ECOEMBES

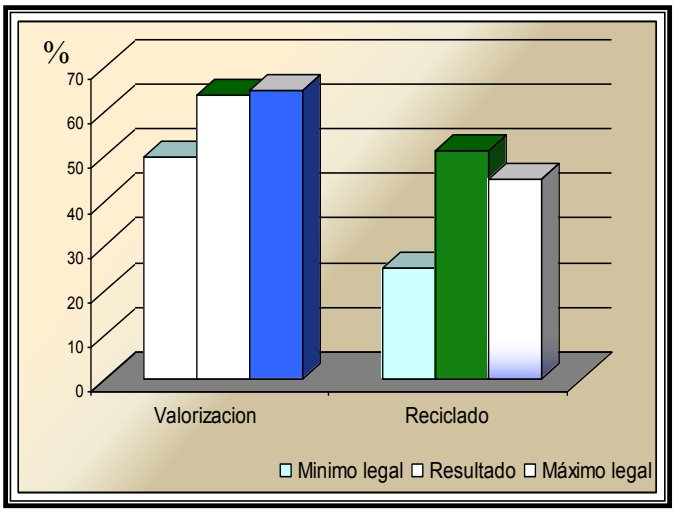


F) Año 2005.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales (Fuente: Ecoembes):

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Resultado	63.8	51.5

Fuente: ECOEMBES

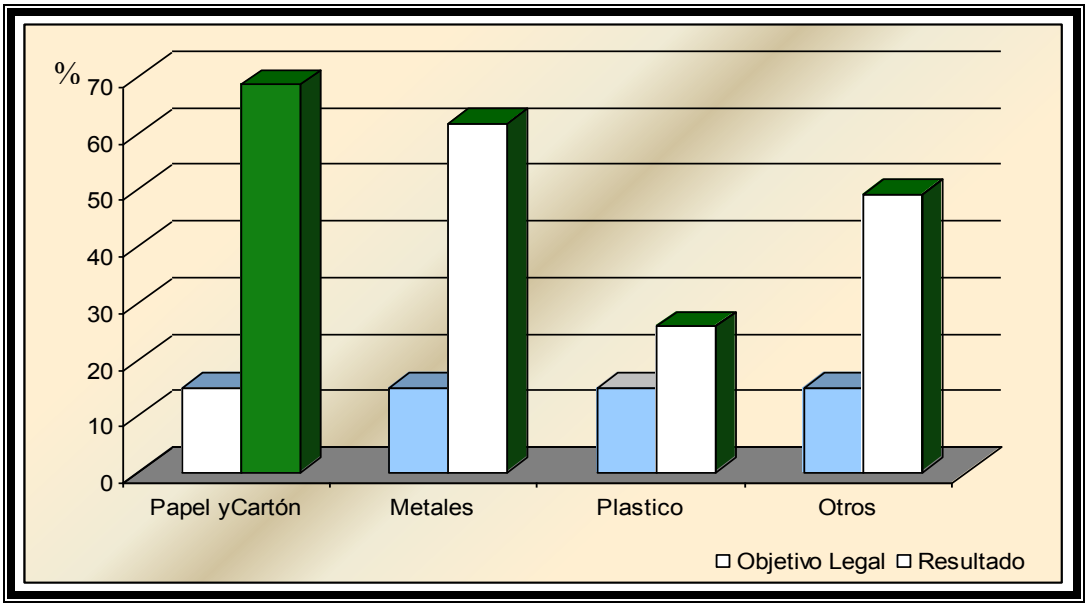


En el año 2004 se publicó la nueva **Directiva 2004/12/CE** en la que se establecían unos objetivos a alcanzar como muy tarde el 31 de diciembre de 2008. Estos nuevos objetivos no se traspusieron al ordenamiento español hasta 2006, pero como se observa en los resultados pese a no ser necesario aún su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

b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Otros
Objetivos Legales	15	15	15	15
Resultado	68.6	61.7	25.9	49.2

Fuente: ECOEMBES



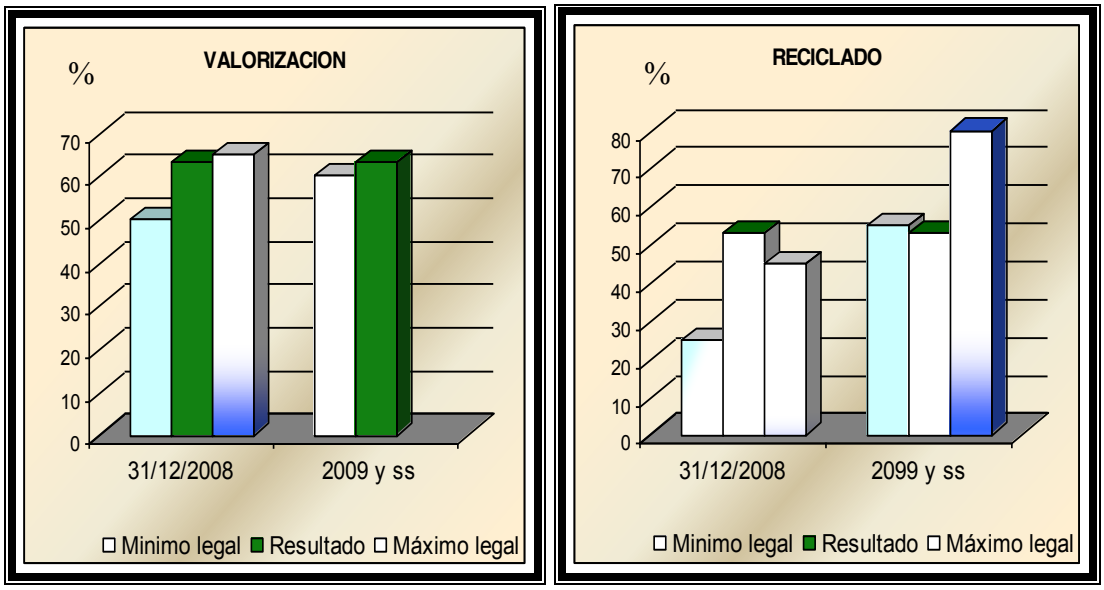
G) Año 2006.

En este momento se va hacer referencia a los nuevos objetivos legales recogidos en el **Real Decreto 252/2006**. Como se observa en los resultados, se ha superado el objetivo global de valorización y los objetivos de reciclado por materiales previstos en la Directiva.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales (Fuente: Ecoembes):

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	**Mínimo 50 Máximo 65**	**Mínimo 25 Máximo 45**
Objetivos Legales desde 31/12/2008	**Mínimo 60**	**Mínimo 55 Máximo 80**
Resultado	**63.3**	**53.2**

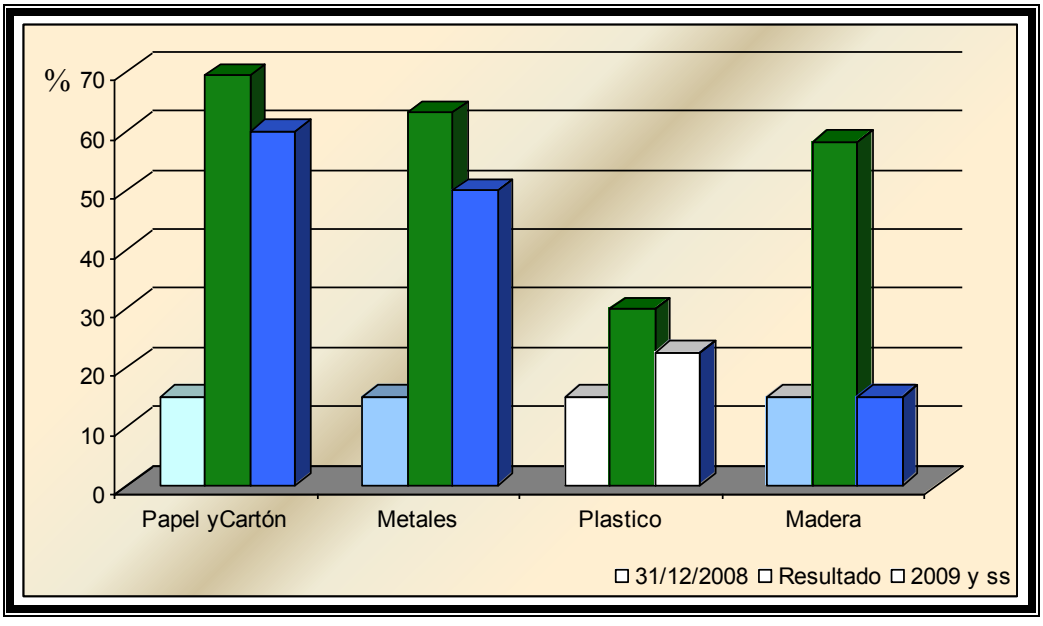
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Madera
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	**15**	**15**	**15**	**15**
Objetivos Legales desde 31/12/2008	**60**	**50**	**22.5**	**15**
Resultado	**69.5**	**63.2**	**29.9**	**58.2**

Fuente: ECOEMBES

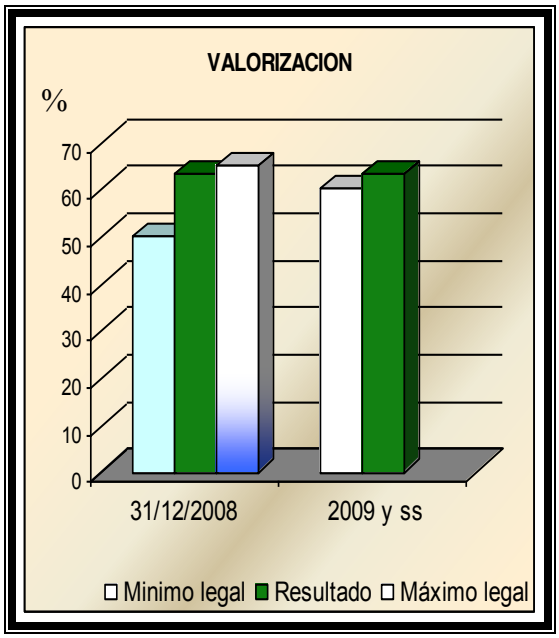


H) Año 2007.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales (Fuente Ecoembes):

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Objetivos Legales desde 31/12/2008	Mínimo 60	Mínimo 55 Máximo 80
Resultado	63.5	56.1

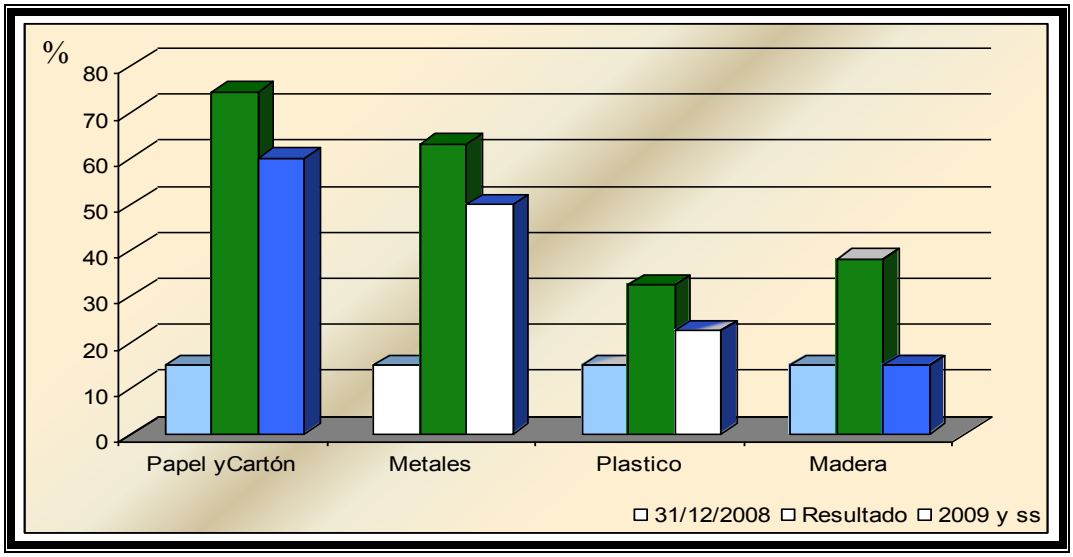
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Madera
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	15	15	15	15
Objetivos Legales desde 31/12/2008	60	50	22.5	15
Resultado	74.4	63.2	32.5	38.2

Fuente: ECOEMBES

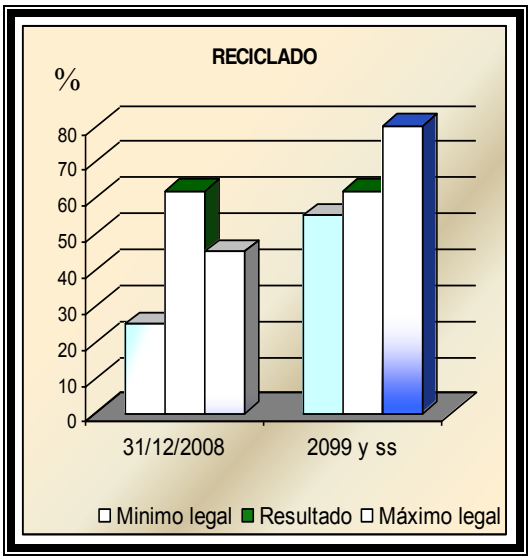


I) Año 2008.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales (Fuente: Ecoembes):

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	**Mínimo 50 Máximo 65**	**Mínimo 25 Máximo 45**
Objetivos Legales desde 31/12/2008	**Mínimo 60**	**Mínimo 55 Máximo 80**
Resultado	**67**	**62**

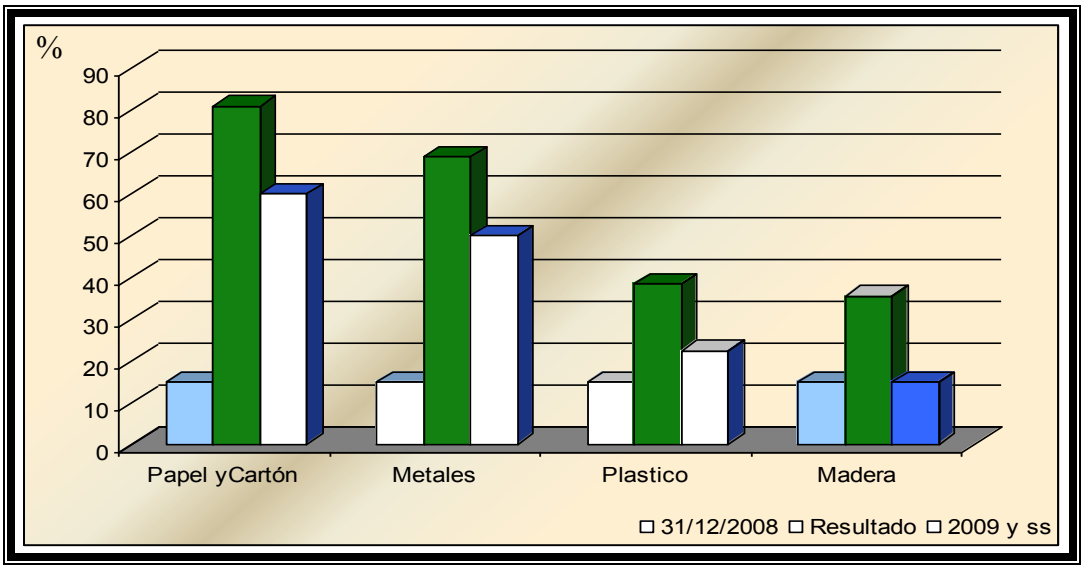
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Madera
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	15	15	15	15
Objetivos Legales desde 31/12/2008	60	50	22.5	15
Resultado	81	68.9	38.4	35.6

Fuente: ECOEMBES

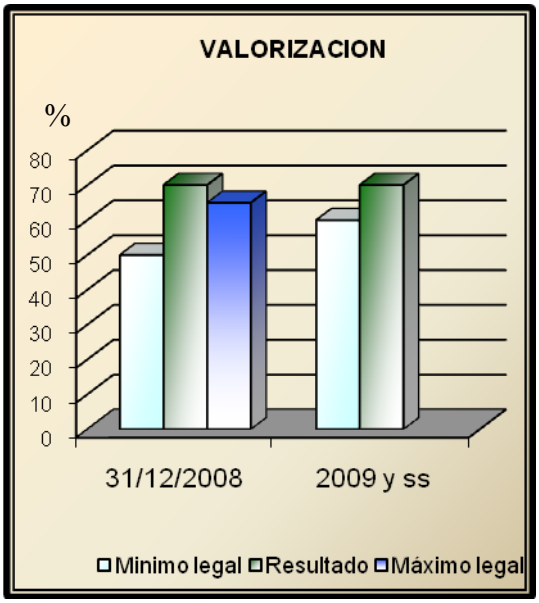


J) Año 2009.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales (Fuente: Ecoembes):

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Objetivos Legales desde 31/12/2008	Mínimo 60	Mínimo 55 Máximo 80
Resultado	70,1	65,1

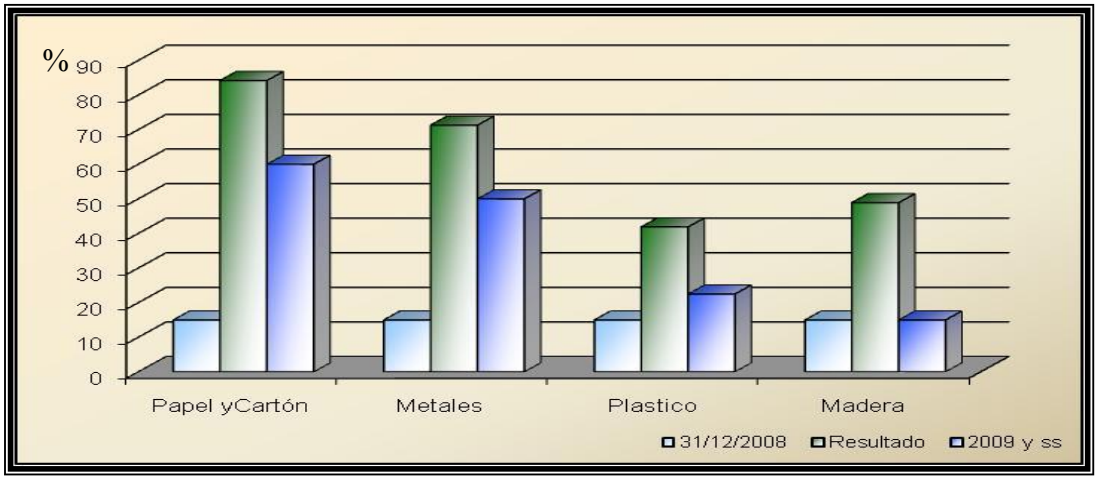
Fuente: ECOEMBES



b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Madera
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	15	15	15	15
Objetivos Legales desde 31/12/2008	60	50	22.5	15
Resultado	84,2	71,3	41,9	48,9

Fuente: ECOEMBES

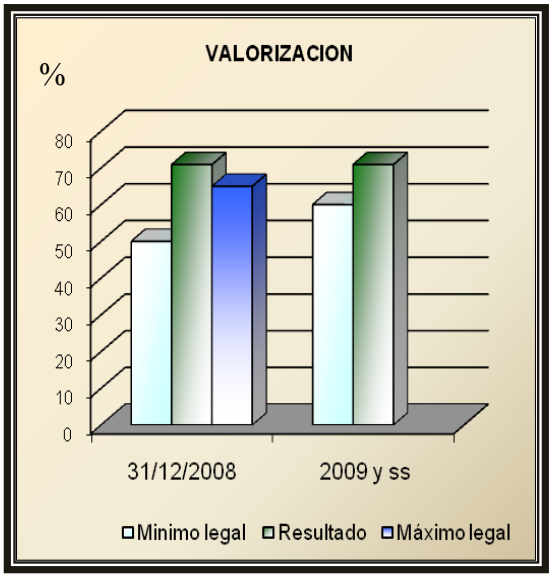


K) Año 2010.

a) Cifras de Valorización y Reciclado Totales (Fuente: Ecoembes):

%	Valorización	Reciclado
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	Mínimo 50 Máximo 65	Mínimo 25 Máximo 45
Objetivos Legales desde 31/12/2008	Mínimo 60	Mínimo 55 Máximo 80
Resultado	70,9	65,9

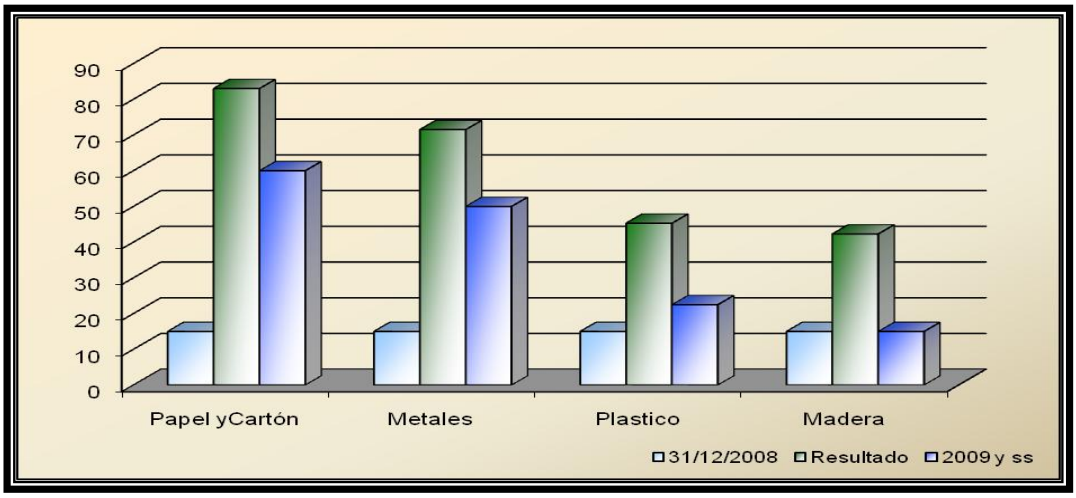
Fuente: ECOEMBES



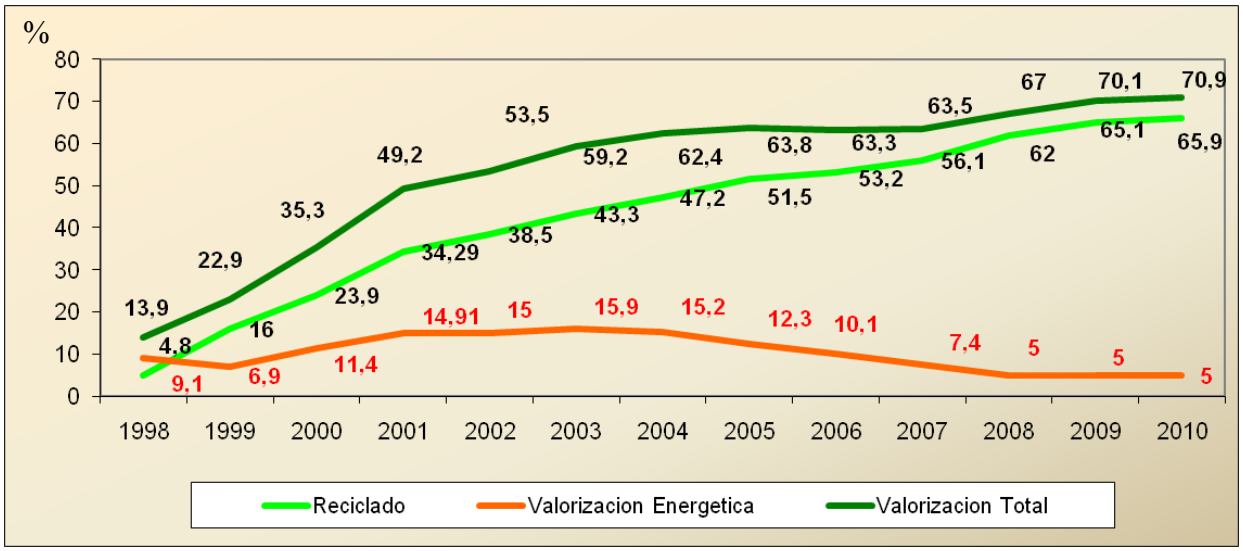
b) Cifras de Reciclado por Materiales (Fuente: Ecoembes):

%	Papel y Cartón	Metales	Plásticos	Madera
Objetivos Legales hasta 31/12/2008	15	15	15	15
Objetivos Legales desde 31/12/2008	60	50	22.5	15
Resultado	83	71,5	45,3	42,5

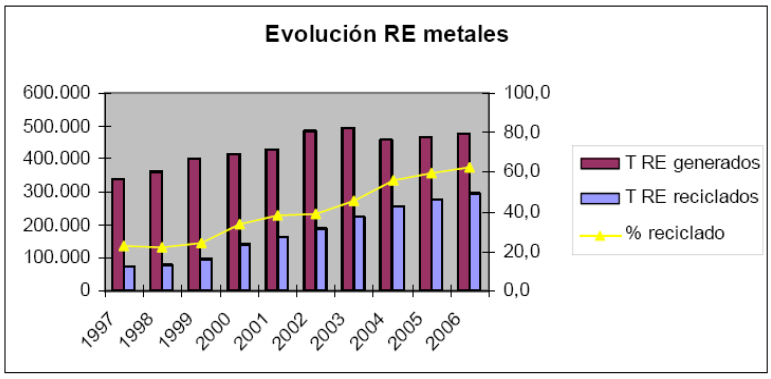
Fuente: ECOEMBES

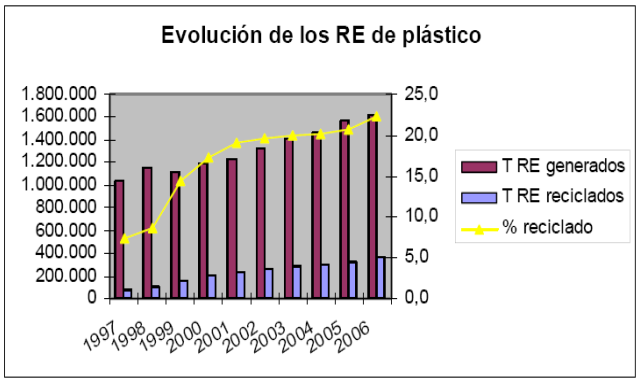


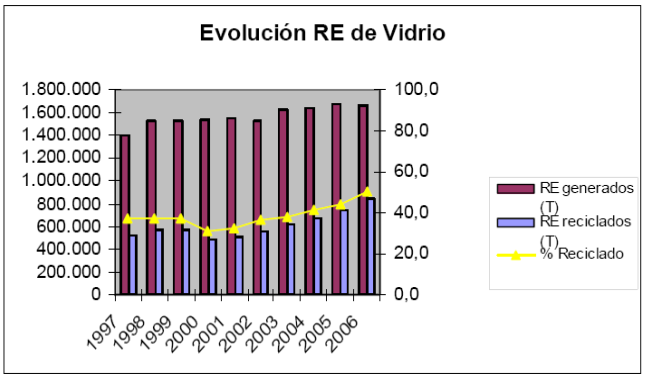
A continuación se adjunta un gráfico con la evolución del reciclado, la valorización energética y la valorización total desde el año 1998 (fuente: Ecoembes).

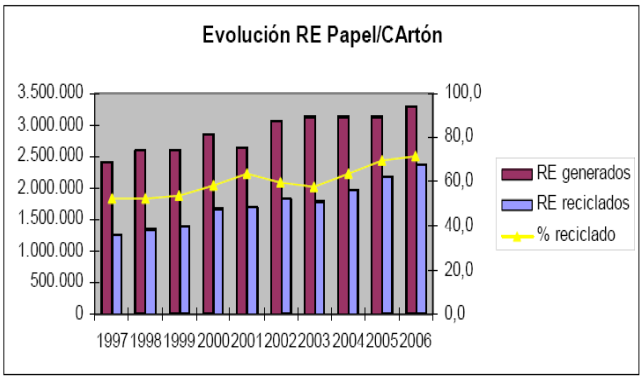


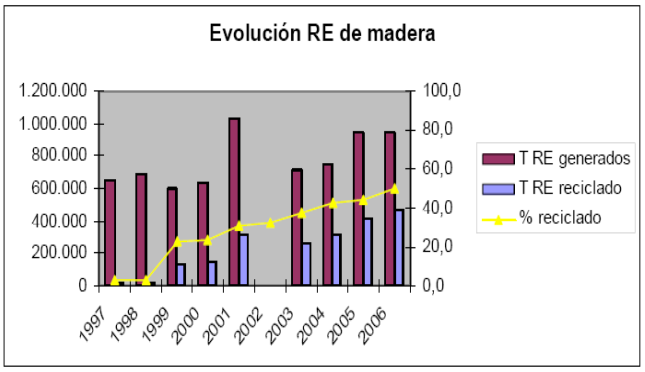
El **Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015** recoge una serie de gráficos que muestran la evolución de la gestión de los residuos de envases de cada uno de los materiales, desde 1997 hasta 2006.



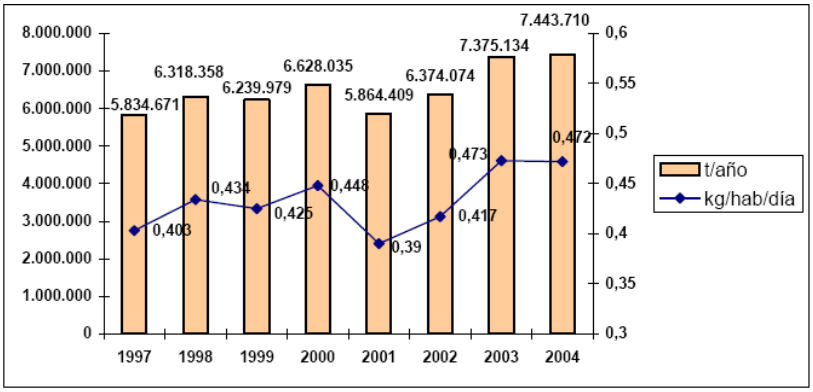








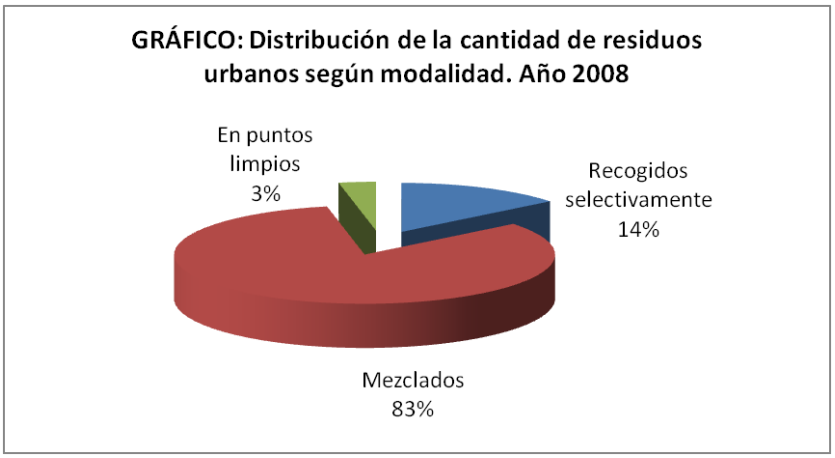
Como complemento a los datos de reciclado, incluimos la evolución en España de la generación de residuos de envases per cápita (en el ratio no se incluye la población no censada por lo que el ratio puede estar sesgado por exceso).



Además, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino publica periódicamente su Anuario de Estadística, donde recopila los datos y estadísticas que hacen referencia a la atmósfera, impacto ambiental, medio natural, o residuos entre otros.

En la última edición publicada hasta a la fecha se resumen los datos correspondientes al año 2008, y en ella destacan los siguientes datos sobre residuos urbanos.

- Cantidad de residuos urbanos recogidos según modalidad en el año 2008



Modalidad de Recogida	Recogida (toneladas/año)	Porcentaje
Cantidad de residuos recogidos selectivamente (Papel, Vidrio, Envases Ligeros y F. Orgánica)	3.430.066	14
Cantidad de residuos mezclados	19.858.348	83
Cantidad de residuos depositados en puntos limpios	761.448	3
ESPAÑA	**24.049.862**	**100**

- Cantidad de residuos urbanos tratados según tipo de instalación en el año 2008

Instalaciones de Tratamiento y eliminación	Nº centros	Entrada (tonelada/año)
Instalaciones de clasificación de envases	89	547.621
instalaciones de compostaje de F. orgánica recogida selectivamente	34	460.408
Instalaciones de triaje y compostaje	66	8.199.049
Instalaciones de triaje, biometanización y compostaje	15	1.579.922
Instalaciones de incineración	10	2.057.017
Vertederos	149	16.125.342

2.2 SITUACIÓN EN EUROPA.

A) Comunicación de la Comisión sobre la estrategia temática sobre prevención y reciclado de residuos.

En el año 2005 se aprobó la Estrategia temática sobre prevención y reciclado de residuos de la Unión Europea, en el que se establecía que la Comisión realizaría en 2010 una revisión de los progresos realizados hacia la consecución de los objetivos planteados en esta Estrategia. Esté documento realizado por la Comisión acompaña a esa revisión, proporcionando información adicional y la justificación de diferentes puntos que surgieron en el informe principal.

En él, se hace referencia a las definiciones y requisitos sobre prevención, reciclaje y reutilización, identificando los principales problemas en la aplicación y el cumplimiento de la legislación comunitaria sobre residuos en los diferentes Estados miembro.

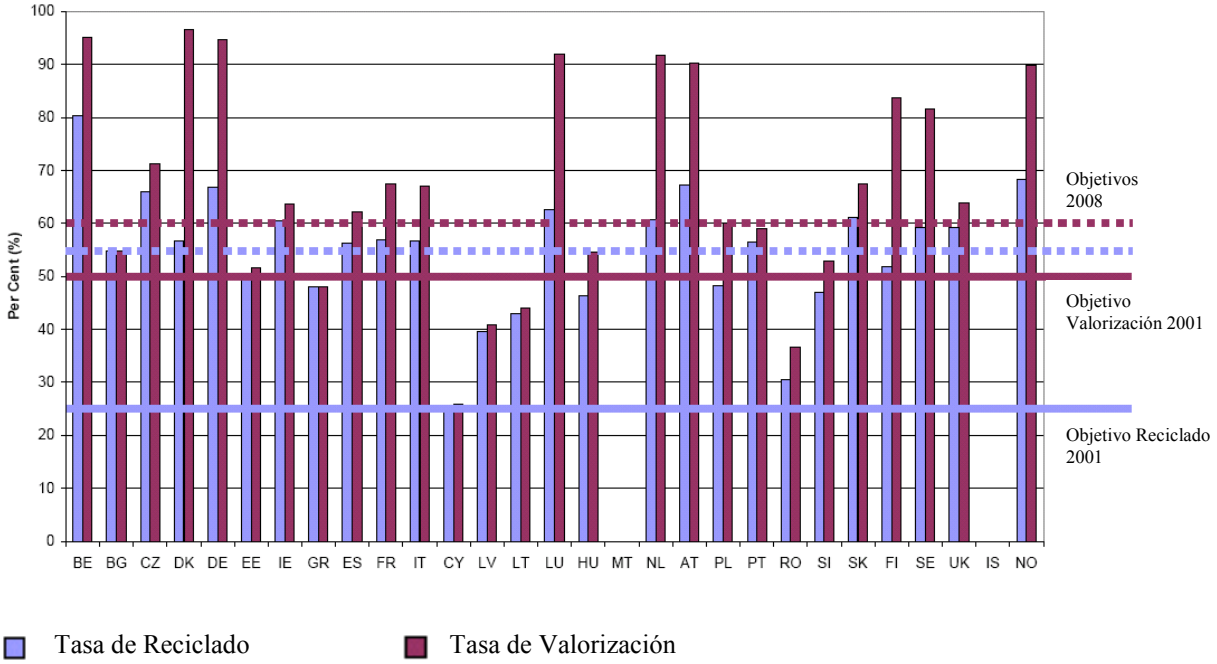
También insiste en las importantes disparidades encontradas entre los Estados miembros, achacadas a la deficiente aplicación de la Directiva Marco sobre residuos, la Directiva sobre vertederos y el Reglamento sobre traslado de residuos.

El informe destaca como principal problema la falta de capacidad de coordinación y organización para asegurar un adecuado cumplimiento de la legislación sobre residuos. En algunos Estados miembros la aplicación de la legislación comunitaria sobre residuos no se considera como una prioridad clave, lo que deriva en la asignación insuficiente de recursos para su ejecución.

En lo referente a los residuos de envase, este documento señala que su generación continúa en aumento, y supone alrededor de un 3% respecto a los residuos totales generados, aunque también señala que en los últimos años parece estar desacoplándose ligeramente del crecimiento del PIB. Esta generación per cápita varía entre los Estados miembros, desde los 41kg de media producidos en Bulgaria a 245kg producidos en Irlanda.

En 2007, el 59% de los residuos de envases en la UE-27 fue reciclado y el 14% se destinó a recuperación energética. Tal y como se muestra en la siguiente gráfica, 16 Estados de los 27 alcanzaron en 2008 al objetivo de reciclar el 55% de los envases puestos en el mercado (sin incluir la recuperación de energía). No obstante, se está observando que una vez alcanzadas altas tasa de reciclado de los mismos, mantenerlas o aumentarlas aún más es muy costoso.

TASAS DE RECICLADO Y VALORIZACIÓN PARA RESIDUOS DE ENVASES EN 2007



B) Informe de la Comisión Europea sobre la aplicación de la legislación comunitaria en materia de residuos.

El objetivo de este documento publicado en noviembre de 2009 por la Comisión Europea es informar sobre los resultados de la aplicación de la legislación comunitaria en materia de residuos durante el período 2004-2006, y en él se dedica un apartado a analizar el desarrollo de la **Directiva 94/62/CE** relativa a los envases y residuos de envases.

En este informe se plasma que la Directiva ha propiciado efectos ambientales positivos, gracias a la estabilización de los porcentajes de reciclado y valorización de los residuos de envases. En el período analizado que comprende desde el año 2004 al año2006, la cantidad de residuos de envases generados fue en aumento, mientras que los porcentajes de reciclado y valorización se mantuvieron estables, con sólo una ligera disminución general. Aunque en 2006, ocho Estados miembros no alcanzaron al menos uno de los objetivos de reciclado o valorización requeridos.

Además, comenta que se aplicaron en toda la UE, aunque con nivel variable de eficiencia, planes de recogida selectiva de los residuos de envases, y todos los Estados miembros se ocuparon de sensibilizar a los consumidores respecto a la necesidad de gestionar los envases y los residuos de envases de una manera ecológicamente racional.

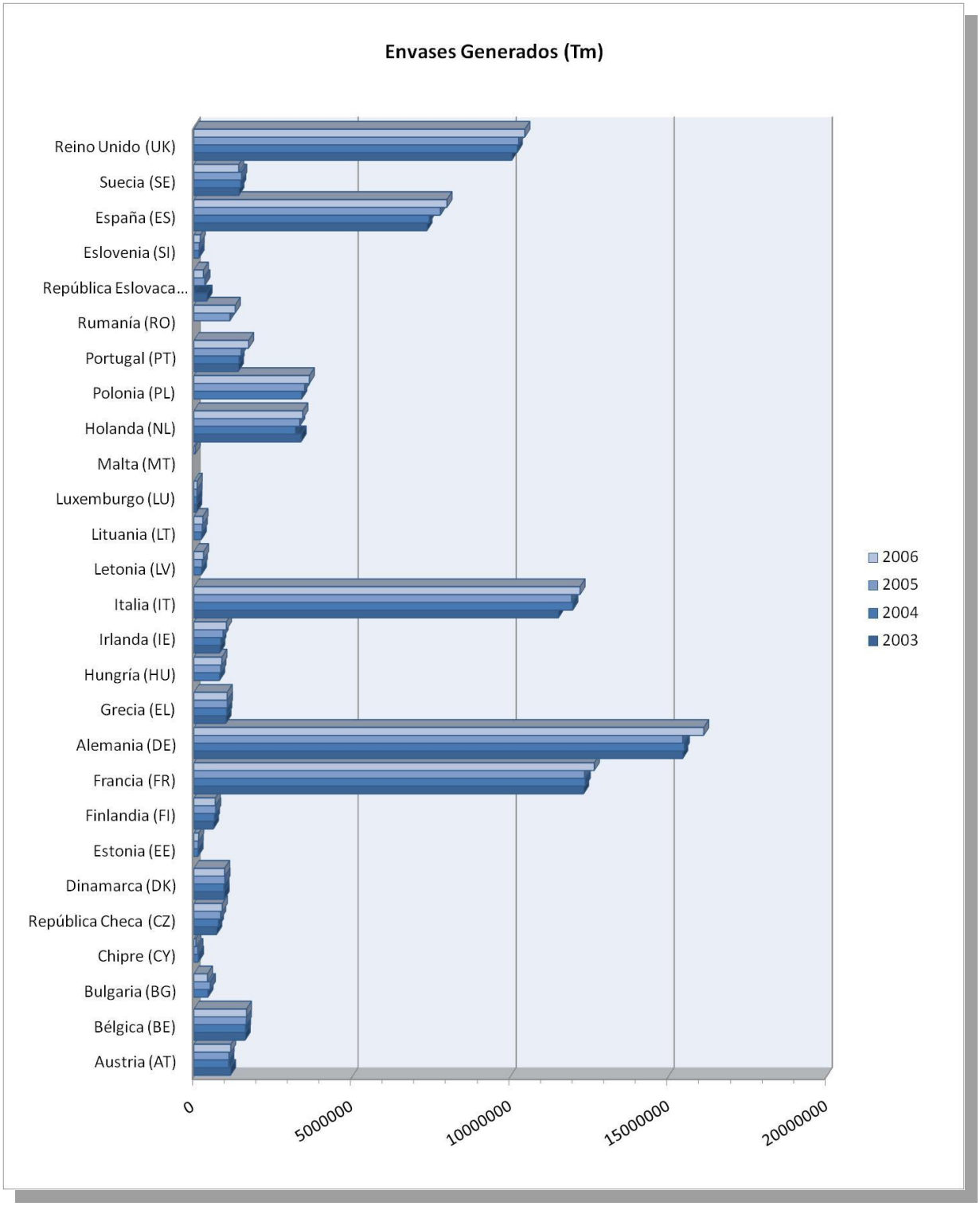
C) Informe de la Comisión Europea sobre la aplicación de la Directiva 94/62/CE.

Este Informe publicado en mayo de 2009 por el Instituto Europeo de Política Medioambiental analiza la aplicación de la **Directiva 94/62/CE** relativa a los envases y residuos de envases, y sus efectos tanto sobre el medio ambiente como sobre el funcionamiento del mercado interior desde el año 2003 hasta el 2006.

Previamente ya se publicó un primer informe donde se analizaba "a posteriori" los aspectos ambientales, económicos, sociales y de mercado interior de la Directiva hasta el año 2002, por lo que con este nuevo estudio se pretende ver la evolución que han tenido todos estos aspectos en los años posteriores.

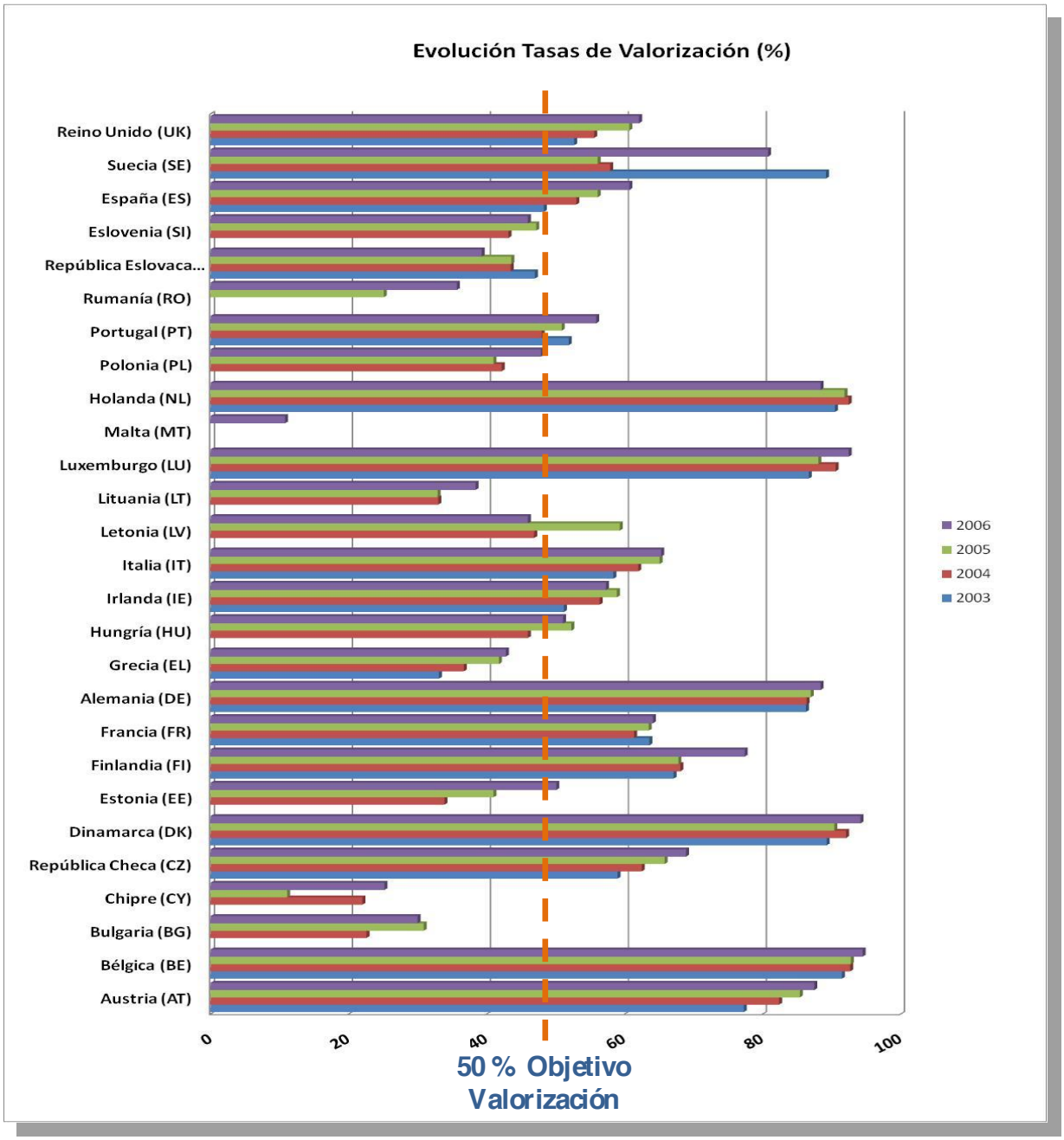
En este documento se analizan los efectos de la implantación de esta Directiva en los diferentes países de la Unión Europea, basándose en cómo se han establecido diferentes medidas destinadas a prevenir la generación de residuos de envases, fomentar la reutilización y el reciclaje, o los instrumentos económicos que han adoptado para alcanzar los objetivos impuestos por la norma.

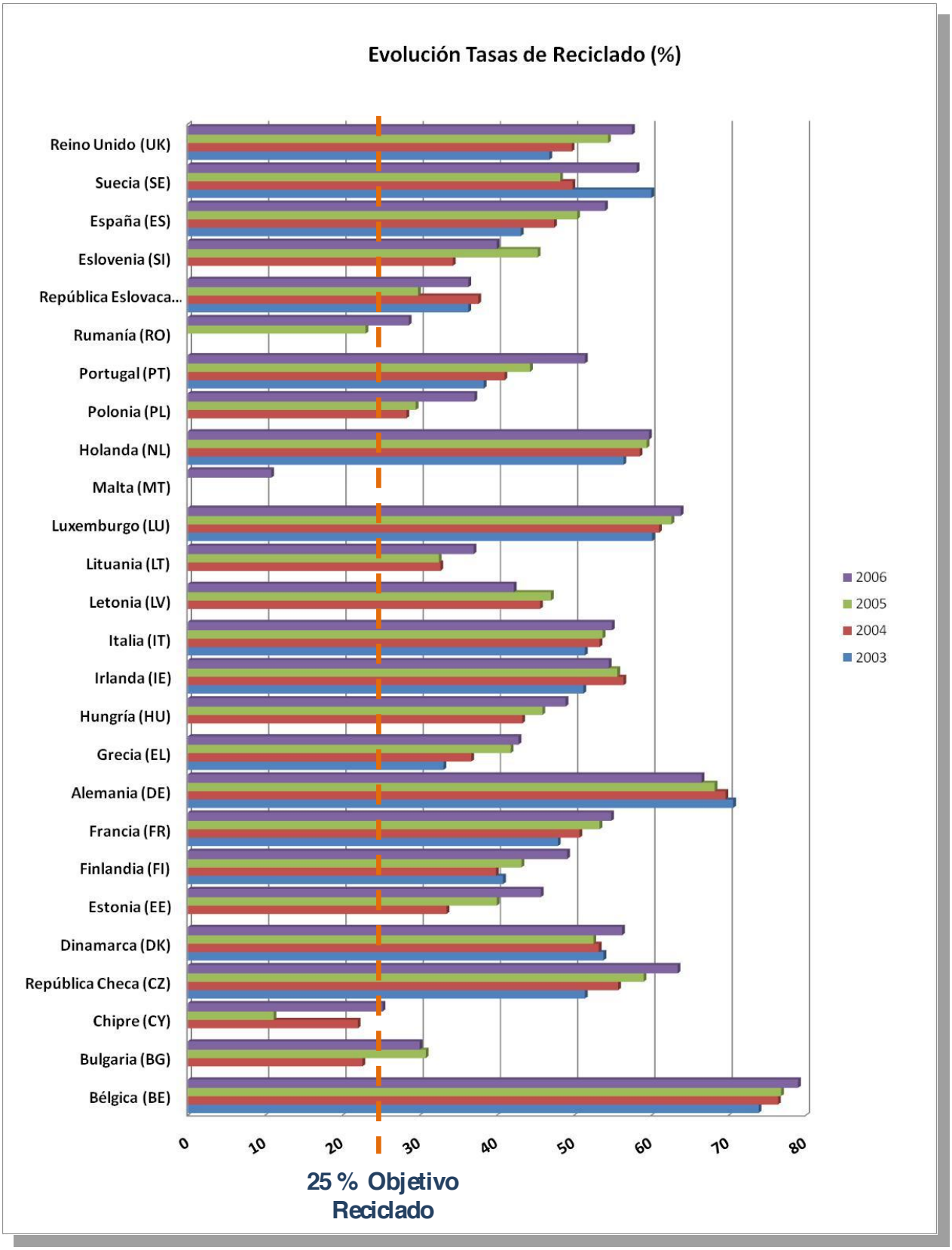
En cuanto a las cantidades de residuos de envases generados, la cantidad total generada dentro de la Unión Europea en 2003 fue de 70,4 millones de toneladas, y en el año 2006 estas cifras llegaron hasta los 81,3 millones de toneladas.


Envases Generados (Tm)
Reino Unido (UK)
Suecia (SE)
España (ES)
Eslovenia (SI)
República Eslovaca...
Rumanía (RO)
Portugal (PT)
Polonia (PL)
Holanda (NL)
Malta (MT)
Luxemburgo (LU)
Lituania (LT)
Letonia (LV)
Italia (IT)
Irlanda (IE)
Hungría (HU)
Grecia (EL)
Alemania (DE)
Francia (FR)
Finlandia (FI)
Estonia (EE)
Dinamarca (DK)
República Checa (CZ)
Chipre (CY)
Bulgaria (BG)
Bélgica (BE)
Austria (AT)
0
5000000
10000000
15000000
20000000
2006
2005
2004
2003

Por su parte, en el año 2002 la totalidad de los quince Estados miembro que conformaban la UE habían alcanzado los objetivos de recuperación y reciclaje marcados para el año 2001. Y en el año 2006, de los 27 países que forman la Unión Europea tras su ampliación, trece ya habían alcanzado los objetivos de valorización establecidos para el año 2008, y nueve habían cumplido con todos los objetivos de reciclado establecidos.

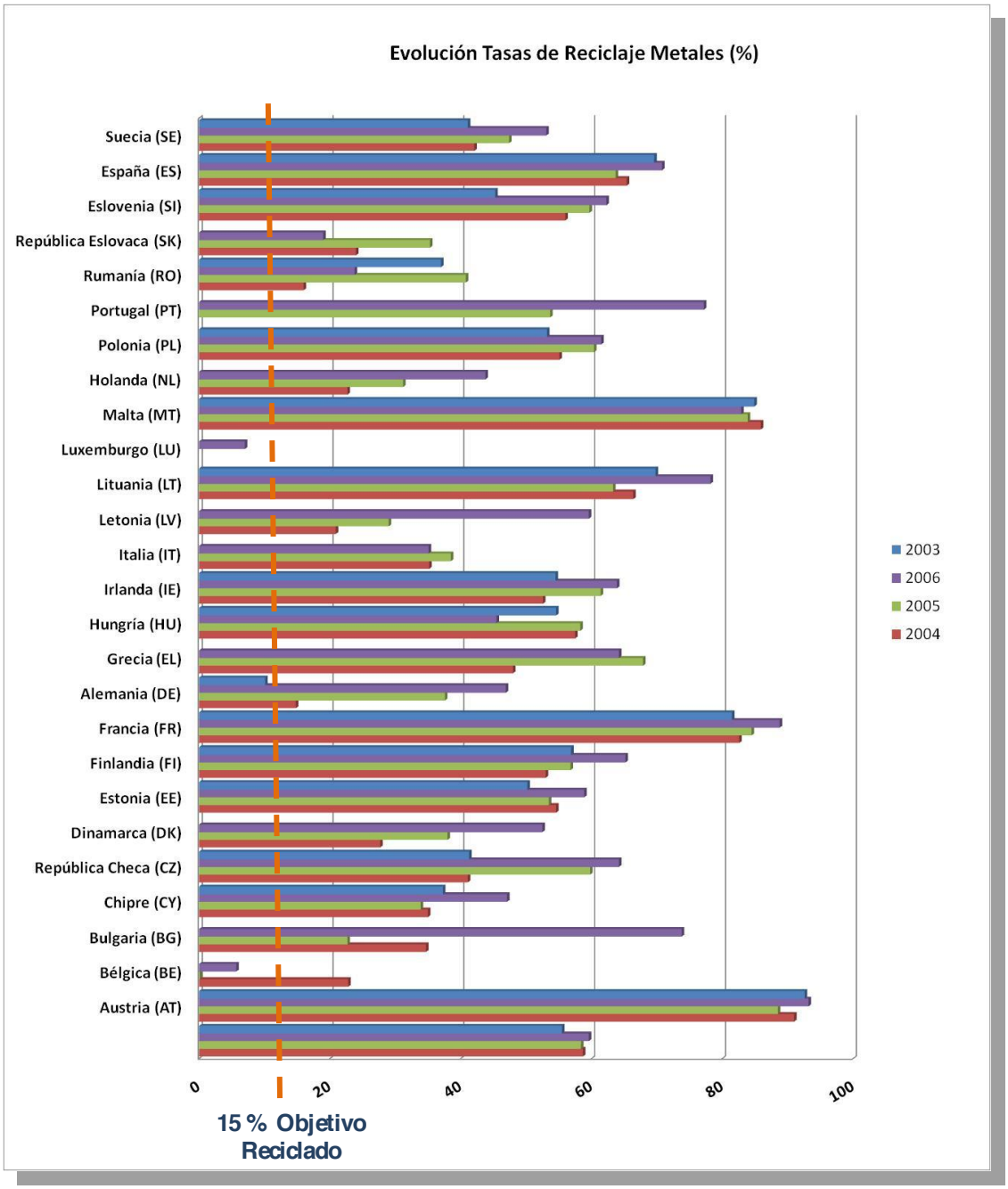
Esta evolución en las tasas de valorización y reciclado se muestra en las figuras que se exponen a continuación:




Evolución Tasas de Reciclado (%)
Reino Unido (UK)
Suecia (SE)
España (ES)
Eslovenia (SI)
República Eslovaca...
Rumanía (RO)
Portugal (PT)
Polonia (PL)
Holanda (NL)
Malta (MT)
Luxemburgo (LU)
Lituania (LT)
Letonia (LV)
Italia (IT)
Irlanda (IE)
Hungría (HU)
Grecia (EL)
Alemania (DE)
Francia (FR)
Finlandia (FI)
Estonia (EE)
Dinamarca (DK)
República Checa (CZ)
Chipre (CY)
Bulgaria (BG)
Bélgica (BE)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
2006
2005
2004
2003
25 % Objetivo Reciclado

- **Reciclaje envases de metal**

La cantidad total de residuos de envases de metal reciclados en la Unión Europea ha aumentado, al pasar de 2,6 millones de toneladas recicladas en 2003 a 3,2 millones de toneladas recicladas en 2006. Asimismo, la tasa de reciclado también ha sufrido un incremento significativo, aumentando del 58,8 % al 65,8%. Ya en 2006, dieciocho de los veintisiete Países miembro alcanzaron los objetivos fijados por la Directiva para 2008, y de los países restantes, siete habían superado los objetivos marcados para 2001.



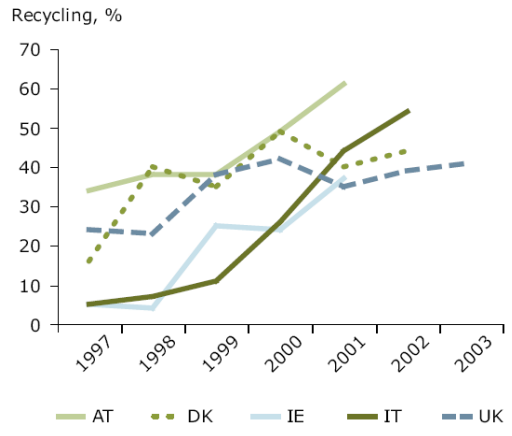
D) Estudio piloto sobre la efectividad de los sistemas de gestión de envases.

Este estudio de la Agencia Europea de Medioambiente se realizó a petición del Parlamento Europeo, para obtener información sobre como se ha llevado a cabo en diferentes Estados miembro la implantación de las nuevas políticas sobre gestión de envases, surgidas a raíz de la entrada en vigor de la **Directiva 94/62/CE**, ver su efectividad en relación a su contribución para alcanzar los objetivos medioambientales de la Directiva y las respectivas legislaciones nacionales, y contrastar estos resultados en relación a las anteriores políticas de la Unión Europea. De esta manera se obtiene un conocimiento ex-post, es decir, basado en la experiencia y en los resultados de las diversas políticas una vez que se han puesto en marcha.

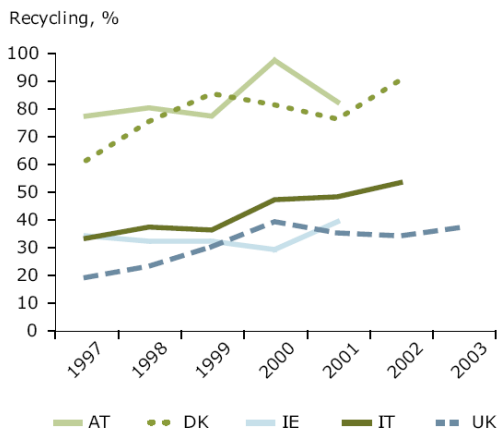
Para ello, el estudio se realizó en Austria, Dinamarca, Irlanda, Italia y Reino Unido, donde se analizaron diferentes puntos, como los tipos de medidas implantadas en el sistema, su efectividad atendiendo por ejemplo al cambio en la generación de residuos o los porcentajes de recuperación y reciclado, la relación coste-eficiencia de estos sistemas de gestión, u otros indicadores como el porcentaje de participación de las empresas en los esquemas de gestión. Tras este análisis se observó que existían grandes diferencias entre ellos, como por ejemplo cuando fueron implantados los sistemas; el grado de implicación de los agentes involucrados en el diseño e implantación de los sistemas; qué agentes tienen obligaciones en los sistemas y el nivel de recuperación y reciclaje en el año base 1997.

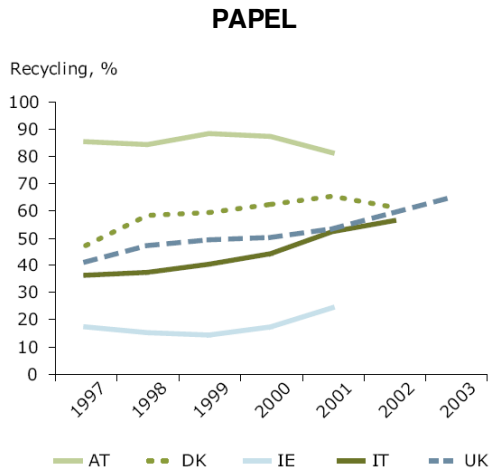
A continuación se muestra en diferentes gráficos la evolución de las tasas de reciclado por materiales en los cinco países del estudio, entre 1997 y 2003.

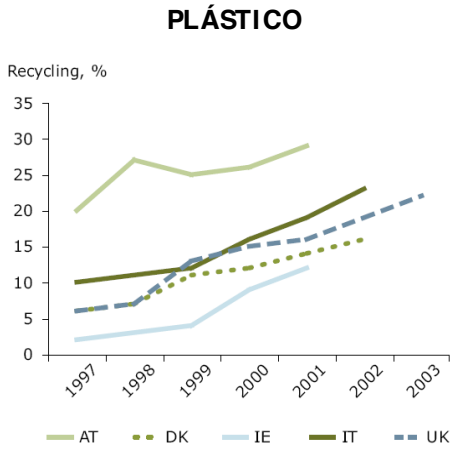
METALES



VIDRIO







Tras la realización de este estudio piloto primero se observó la falta de datos clave que no permitían efectuar una evaluación comparativa de los sistemas analizados, lo que provoca una gran limitación a la hora de poder extraer conclusiones.

Sin embargo, de este informe se extrae que aunque no todos los países tienen los mismos sistemas de tratamiento, en todos ellos las medidas se dirigen principalmente a incrementar la recogida y la valorización y en mucha menor medida a la prevención, por lo que generalmente se alcanzaban los objetivos marcados por la Directiva, referidos a la valorización y el reciclado.

En el Estudio se ve que los países que tenían sistemas previos obtienen mejores resultados y los mantienen, mientras que el resto incrementan sus resultados. Se han detectado indicios de que los sistemas de gestión de residuos de envases en algunos países están alcanzando sus límites más altos. En general, cuanto mayor son los índices de reciclado, es más necesario recoger fracciones que son menos aptas para este reciclado y el coste es cada vez mayor.

Sin embargo el cumplimiento total de los objetivos marcados no supone necesariamente la consecución de uno de los principales objetivos de la normativa comunitaria, como es la reducción del volumen de residuos generados.

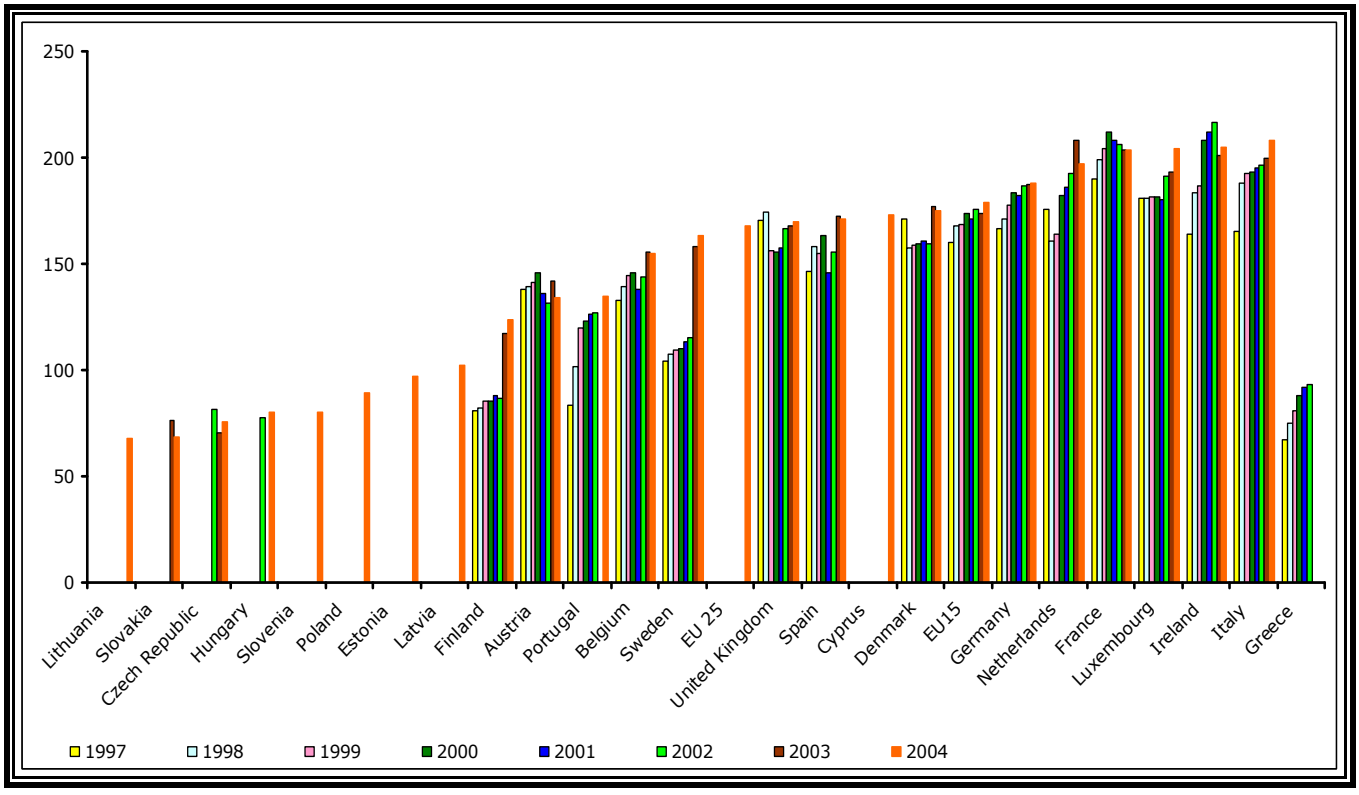
No se debe olvidar que reducir esta generación tiene mayor potencial para reducir los impactos ambientales que la gestión de los residuos de forma aislada, aunque es uno de los objetivos más difíciles por las implicaciones de la vida actual, como se muestra en que se han incrementado las cantidades de residuos generados en 10 de los países de la Europa de los 15.

E) Informe de la Agencia Europea de Medioambiente.

A continuación reproducimos una serie de datos de la Agencia Europea de Medioambiente, según una valoración publicada en enero de 2008, en los que se muestra que hay un incremento general de las cantidades de envases puestos en el mercado, lo que no esta en línea con los objetivos de prevención de la normativa europea que incide en la prevención de la producción de residuos de envases.

Sin embargo, los objetivos de reciclar el 25% de los residuos de envase se cumplen de manera generalizada e incluso son superados notablemente. En 2004 el porcentaje de reciclado en EU-25 fue del 54% y por tanto esta muy cerca del objetivo de 2008 del 55%. Las diferencias en la consecución de los objetivos de los distintos países sugieren que hay posibilidades de una mejora e incremento.

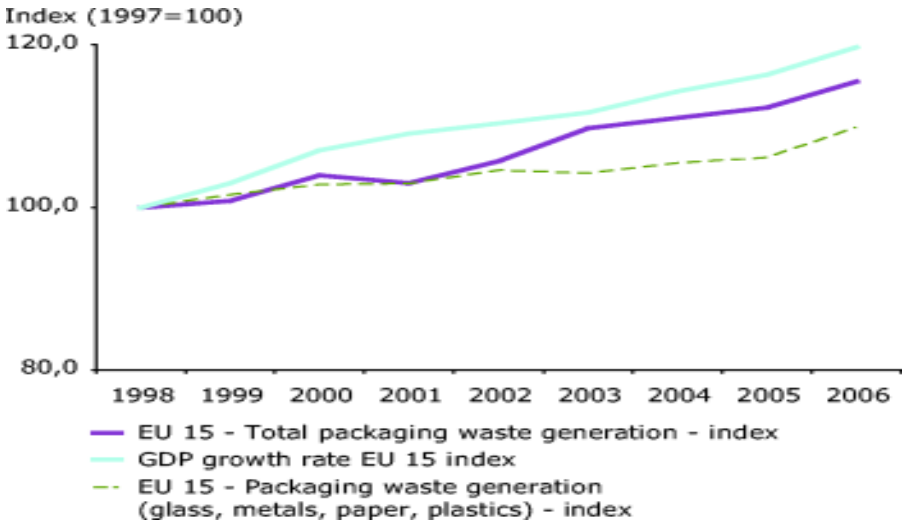
En el siguiente gráfico se observa la generación de cantidades per capita distribuida por países.



Hay serias diferencias entre los países, en algunos países como Italia o Alemania la tendencia al incremento es estable, mientras que en otros como Francia, Irlanda el crecimiento se atenúa e incluso se revierte la tendencia. En todo caso hay grandes diferencias entre los países miembros en el uso de envases per capita, desde los 209 Kg de Italia, hasta los 69 en Eslovaquia y Lituania.

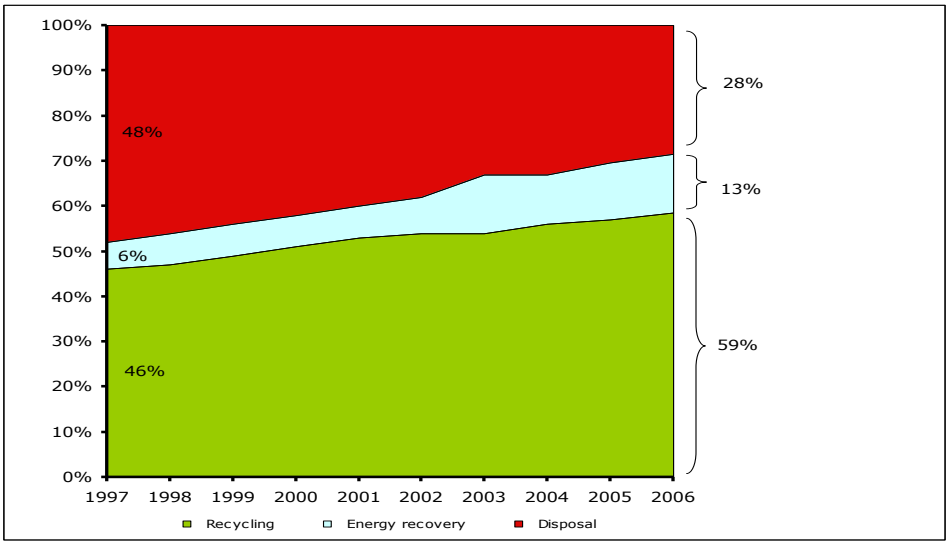
Aunque las diferencias entre los países EU-15 y los nuevos países parecen claramente indicativas de diferentes niveles de consumo, las variaciones entre los primeros son más complicadas de explicar, pudieran deberse a la existencia de sistemas de devolución y retorno, o a distintas definiciones de envase, reciclado, etc.

En el siguiente grafico se observa la relación entre generación de residuos de envase y el PIB.



En resumen podemos observar que hay diferencias significativas de año a año, pero que la tendencia general dentro de EU-15 es que las cantidades de envases siguen creciendo, e incluso que entre 1997 y 2006 el crecimiento de los residuos de envases creció por encima del PIB.

A continuación se muestra la evolución en la distribución porcentual del tratamiento: el reciclado, la valorización energética y el vertido desde 1997 hasta 2006.



3. Clasificación y Caracterización de los Envases de Aluminio

3. CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ENVASES DE ALUMINIO.

3.1 REQUISITOS DE 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 **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 anejo 2 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.

3.2 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), 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.

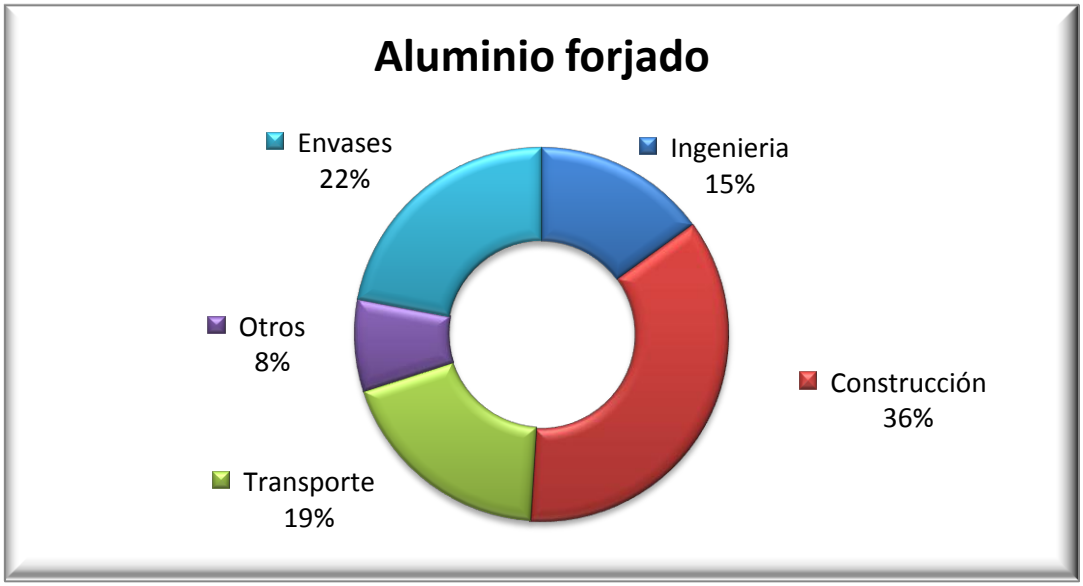
En relación a sus características mecánicas cabe destacar su fácil mecanizado (ahorro de energía en los procesos de conformación y fabricación); muy maleable, permite la producción de láminas muy delgadas; bastante dúctil pudiéndose conformar mediante trefilado y extrusión (como es buen conductor de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

El aluminio se utiliza como conductor eléctrico

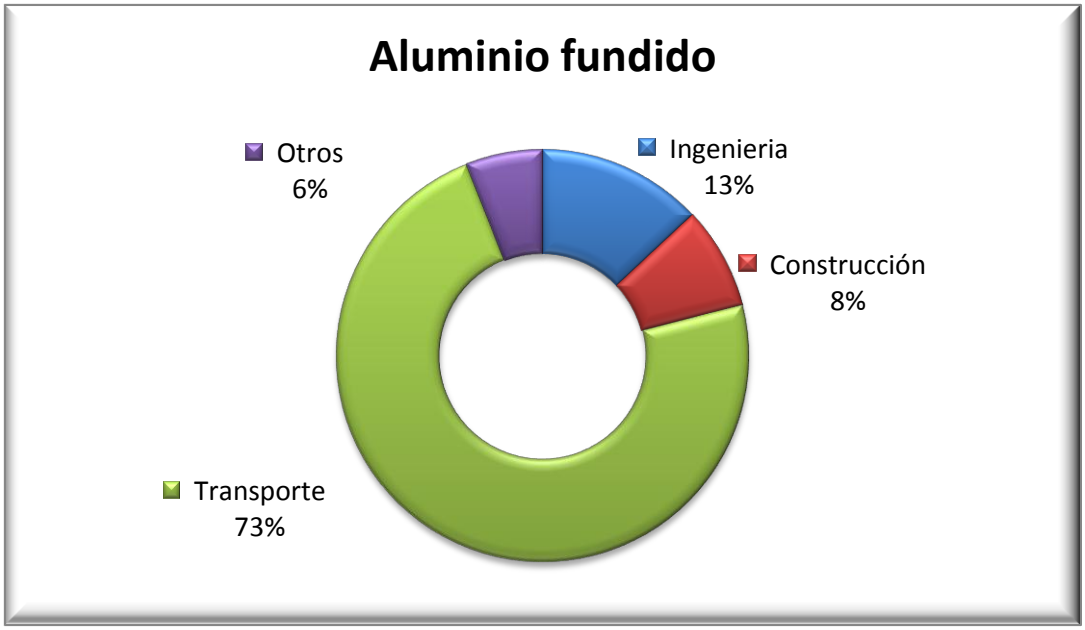
Gracias a sus características físicas, químicas y mecánicas permite su aplicación a diversos sectores de producción de bienes y equipos como son aeronáutica, transporte, construcción (perfilaría de aluminio, muros cortina…) y, por supuesto, en la producción de envases

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 2004 de la siguiente manera:



(Fuente: Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters)

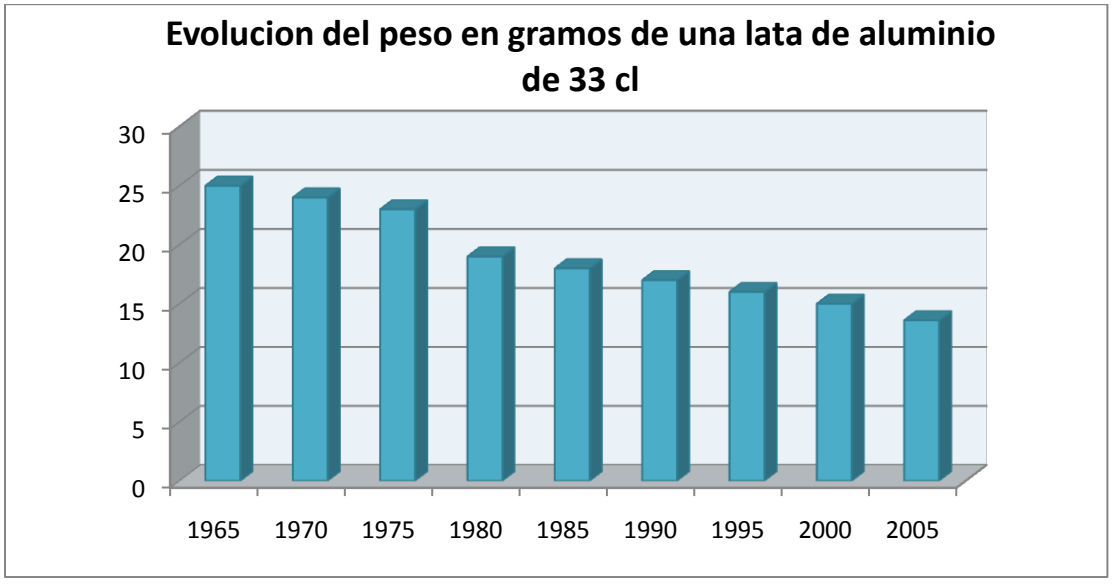


(Fuente: Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters)

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 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).



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.

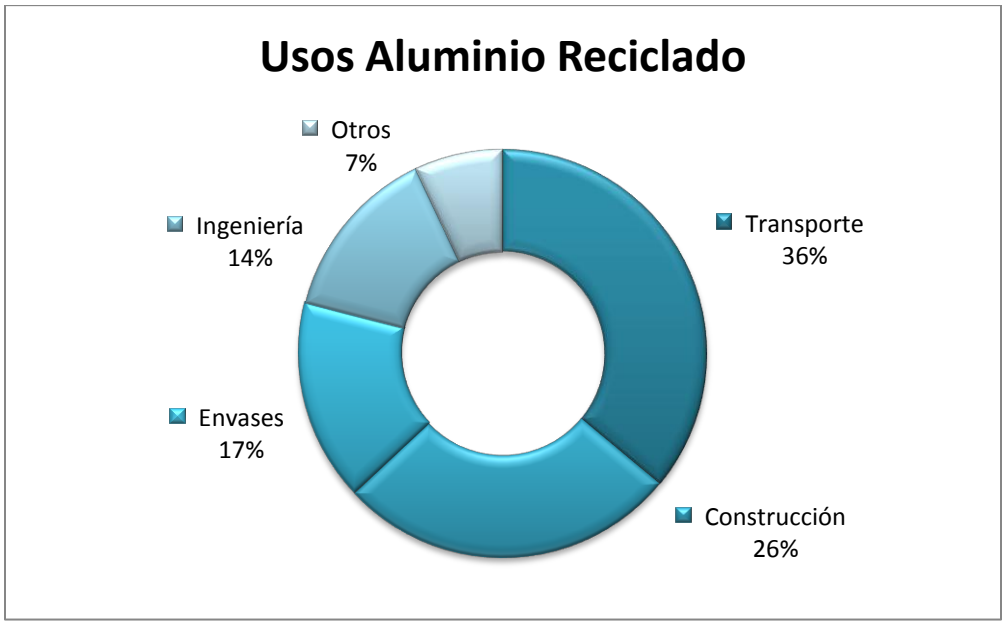
3.3 VENTAJAS DEL ALUMINIO RECICLADO

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:



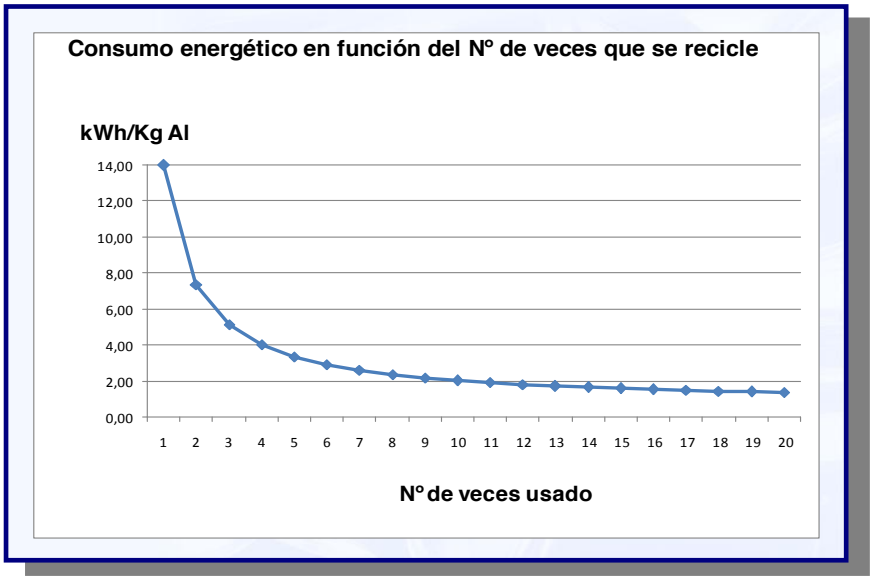
(Fuente: Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters)

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.

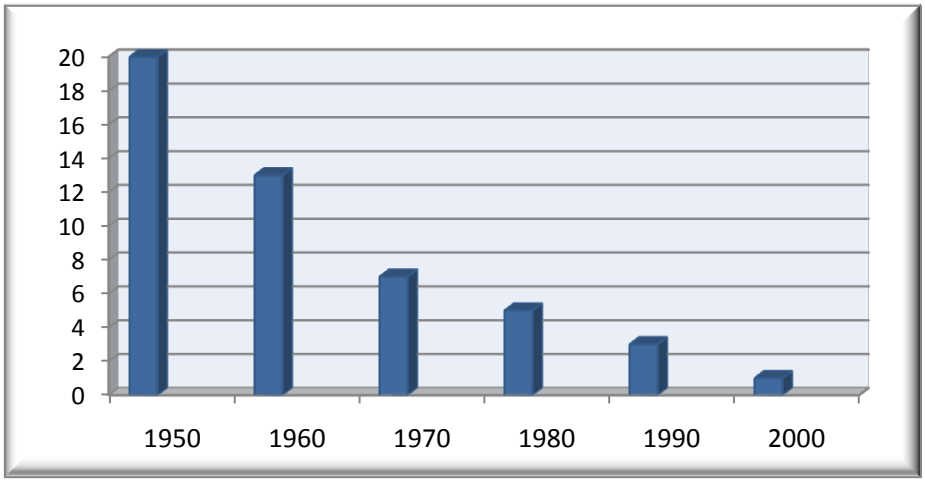


(Fuente: European Aluminium Association)

- **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.

Kwh. por Kg. de aluminio



- **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 CO_2.
  - La emisión de 64 Kg de SO_2.
- 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.

3.4 CLASIFICACIÓN Y ALEACIONES.

El aluminio en estado puro posee una resistencia muy baja y una dureza escasa siendo muy difícil la conformación de cualquier elemento para la demanda de la sociedad. Sin embargo, dado sus características químicas se pueden formar distintas aleaciones (con cobre, magnesio, cromo, silicio, etc.) que mejoren sus propiedades físicas y mecánicas en función del uso que se le quiera dar al producto.

En el presente estudio se han clasificado a efectos operativos los diferentes tipos de envases de aluminio con sus correspondientes aleaciones:

3.4.1 Aleaciones de Aluminio (Nomenclatura).

1XXX	***Aluminio con un 99% mínimo de pureza***
2XXX	***Aleaciones Aluminio-Cobre***
3XXX	***Aleaciones Aluminio-Manganeso***
4XXX	***Aleaciones Aluminio-Silicio***
5XXX	***Aleaciones Aluminio-Magnesio***
6XXX	***Aleaciones Aluminio-Magnesio-Silicio***
7XXX	***Aleaciones Aluminio-Cinc-Magnesio***
8XXX	***Aleaciones Mixtas***

Las aleaciones relacionadas en la tabla anterior se pueden trabajar en frío o se les puede aplicar algún tratamiento térmico para mejorar sus propiedades mecánicas. A las aleaciones 1XXX, 3XXX y 5XXX, habitualmente no se les realiza ningún tratamiento térmico (laminándose en frío), todo lo contrario para las aleaciones 2XXX, 6XXX y 7XXX que dependiendo del uso de la aleación se le aplica un tratamiento más o menos intenso.

A) Bote de Bebida.

- **Clasificación del Bote de Bebida**

Bebidas carbonatadas / soda:

Lata de 0,33 l de capacidad y 13 gr. de peso en vacío.

Lata de 0,275 l de capacidad y 14,5 gr. de peso en vacío.

Lata de 0,25 l de capacidad y 13 gr. de peso en vacío.

Lata de 0,2 l de capacidad y 12 gr. de peso en vacío.

Lata de 0,15 l de capacidad y 10,5 gr. de peso en vacío.

Cerveza:

Lata de 0,33 l de capacidad y 13 gr. de peso en vacío.

Lata de 0,25 l de capacidad y 13 gr. de peso en vacío.

Lata de 0,2 l de capacidad y 12 gr. de peso en vacío.

Lata de 0,15 l de capacidad y 10,5 gr. de peso en vacío.

Agua con gas:

Lata de 0,33 l de capacidad y 15,7 gr. de peso en vacío.

- **Aleaciones del Bote de Bebida**

Cuerpo del bote:

Aleación: 3004

Límites composición química (%)

						Otros elementos	
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Individual	Total
0,3	0,7	0,25	1,0 – 1,5	0,8 – 1,3	0,25	0,05	0,15

Propiedades físicas:

Densidad	2,72 gr/cm^3
Módulo de Elasticidad	69 GPa
Rango de Fusión	639-648 ºC
Conductividad Térmica a 25 ºC	164 W/mK
Resistividad a 20 ºC	0,041x10^{-6} Ωm

Tapa del bote:

Aleación: 5182

Límites composición química (%)

								Otros elementos	
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Individual	Total
0,2	0,35	0,15	0,2 – 0,5	4,0 – 5,0	0,25	0,1	0,1	0,05	0,15

Propiedades físicas:

Densidad	2,65 gr/cm^3
Módulo de Elasticidad	71 GPa
Rango de Fusión	575-640 ºC
Conductividad Térmica a 25 ºC	121 W/mK
Resistividad a 20 ºC	0,056x10^{-6} Ωm

Anilla:

Aleación: 5154

Límites composición química (%)

						Otros elementos	
Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Individual	Total
0,3	0,7	0,25	1,0 – 1,5	0,8 – 1,3	0,25	0,05	0,15

Propiedades físicas:

Densidad	gr/cm^3
Módulo de Elasticidad	Gpa
Rango de Fusión	ºC
Conductividad Térmica a 25 ºC	W/mK
Resistividad a 20 ºC	Ωm

B) Aerosoles.

- **Clasificación de los Aerosoles**

Aerosol no alimentario:

Bote de 0,25 l de capacidad y 40 gr. de peso en vacío.

Espuma de cabello:

Bote de 0,125 l de capacidad y 30 gr. de peso en vacío.

- **Aleaciones de los Aerosoles**

Aleación: 1200

Límites composición química (%)

Si + Fe	Cu	Mn	Zn	Ti	Otros elementos Individual	Otros elementos Total
1,0	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05	0,15

Propiedades físicas:

Densidad	2,71 gr/cm^3
Módulo de Elasticidad	70 GPa
Rango de Fusión	640 – 670 °C
Conductividad Térmica a 25 °C	220 W/mK
Resistividad a 20 °C	0,03x10^{-6} Ωm

C) Envases Semirrígidos.

- **Clasificación de los Envases Semirrígidos**

Alimentos preparados:

- *Bandeja de 600 gr. de capacidad y 7 gr. de peso en vacío.*
- *Bandeja de 400 gr. de capacidad y 5 gr. de peso en vacío.*
- *Bandeja de225 gr. de capacidad y 3 gr. de peso en vacío.*

Alimentos preparados congelados:

- *Barquilla de 750 gr. capacidad y 22 gr. de peso en vacío.*

Postres lácteos:

- *Bandeja de 750 gr. de capacidad y 11 gr. de peso en vacío.*
- *Bandeja de 400 gr. de capacidad y 7,5 gr. de peso en vacío.*
- *Bandeja de 225 gr. de capacidad y 3,4 gr. de peso en vacío.*

Tarta:

- *Bandeja de 600 gr. de capacidad y 13 gr. de peso en vacío.*
- *Bandeja de 200 gr de capacidad y 10,3 gr de peso en vacío.*
- *Bandeja de 150 gr. de capacidad y 8 gr. de peso en vacío.*
- *Bandeja de 100 gr. de capacidad y 6,2 gr. de peso en vacío.*

- **Envases Semirrígidos**

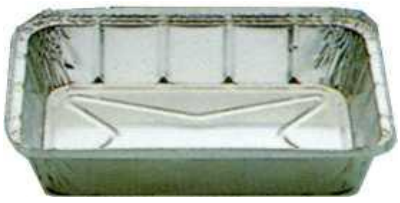
Aleación: 8001

Límites composición química (%)

					Otros elementos	
Si	Fe	Cu	Ni	Zn	Individual	Total
0,17	0,45-0,7	0,15	0,9 – 0,13	0,05	0,05	0,15

Propiedades físicas:

Densidad	-- gr/cm^3
Módulo de Elasticidad	-- GPa
Rango de Fusión	--ºC
Conductividad Térmica a 25 ºC	-- W/mK
Resistividad a 20 ºC	-- Ωm



Aleación: 8079

Límites composición química (%)

				Otros elementos	
Si	Fe	Cu	Zn	Individual	Total
0,05 – 0,30	0,7 - 0,13	0,05	0,10	0,05	0,15

Propiedades físicas:

Densidad	-- gr/cm^3
Módulo de Elasticidad	-- GPa
Rango de Fusión	-- ºC
Conductividad Térmica a 25 ºC	-- W/mK
Resistividad a 20 ºC	-- Ωm

Aleación: 3003

Límites composición química (%)

					Otros elementos	
Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Individual	Total
0,6	0,7	0,05 - 0,20	1,0 –1,5	0,10	0,05	0,15

Propiedades físicas:

Densidad	2,73 gr/cm^3
Módulo de Elasticidad	70 GPa
Rango de Fusión	643-659 ºC
Conductividad Térmica a 25 ºC	151-188 W/mK
Resistividad a 20 ºC	0,034x10^{-6} Ωm

3.4.2 Clasificaciones.

Existe una gran variedad de productos de aluminio con propiedades y requerimientos de calidad muy diferentes, por lo que se han creado numerosos estándares y clasificaciones que facilitan su comercio, aseguran que el aluminio cumple con la calidad requerida y aportan información técnica sobre los materiales, procesos y sus funciones.

En la actualidad existen más de 120 especificaciones y clasificaciones solo a nivel europeo, pero éstas existen a todos los niveles, internacional, europeo, nacional, así como acuerdos bilaterales entre cliente y vendedor.

a) Especificaciones para los productos de Aluminio.

Los productos de aluminio que se utilizan más habitualmente tienen forma de chapas, planchas, barras, tubos, alambres, etc. y a nivel europeo se han publicado estándares para cada uno de estos productos más comunes.

No obstante, muchos clientes necesitan productos con requerimientos especiales, y en la mayoría de las ocasiones esto se debe a que estos productos tienen usos específicos, como pueden ser los envases, el aluminio que está en contacto con alimentos, los envases a presión, etc. Por este motivo, también se han creado un grupo especial de estándares europeos, que contienen recomendaciones para aleaciones específicas, requerimientos adicionales o más estrictos para determinadas propiedades mecánicas, las tolerancias dimensionales y otras propiedades específicas.

Estas especificaciones siguen una determinada estructura. La primera parte contiene las condiciones técnicas de cada envío o las condiciones para su inspección, muestreos y ensayos. También se establecen los requerimientos del producto, como el vendedor debe fabricar el producto, como se debe realizar el envío o la información que debe acompañar a dicho producto.

La segunda parte se centra en las propiedades mecánicas de las aleaciones más relevantes, y las siguientes partes regulan los rangos permitidos en cuanto a la forma y las dimensiones, y en algunos casos también se especifican propiedades adicionales que puedan tener esos productos.

Estas especificaciones se pueden clasificar según los siguientes grupos:

- **ALAMBRE Y ALAMBRÓN**
  - Alambre estirado: De EN 1301-1 a EN 1301-3.
  - Alambrón: De EN 1715-1 a EN 1715-4.

- **VARILLAS, BARRAS Y TUBOS ESTIRADOS EN FRÍO**
  - Varillas, barras y tubos estirados en frío: De EN 754-1 a EN 754-8.
  - Tubos redondos en bobina, estirados en frío, para aplicaciones generales: EN 13958:2010.
- **PRODUCTOS EXTRUIDOS PARA APLICACIONES GENERALES**
  - Varillas, barras, tubos y perfiles extruidos: De EN 755-1 a EN 755-9.
  - Tubos redondos en bobina, extruidos, para aplicaciones generales: EN 13957:2010.
- **PERFILES EXTRUIDOS ESPECIALES**
  - Perfiles extruidos especiales en aleaciones EN AW-6060 y EN AW 6063: De EN 12020-1 a EN 12020-2.
- **HOJA FINA Y ALETAS**
  - Hoja fina: De EN 546-1 a EN 546-4.
  - Aletas: De EN 683-1 a EN 683-3.
- **CHAPAS, BANDAS Y PLANCHAS**
  - Chapas, bandas y planchas: De EN 485-1 a EN 485-4.
  - Productos laminados para botes, cápsulas y tapas: EN 541.
  - Esbozo de laminación para aplicaciones generales: De EN 12482-1 a EN 12482-2.
  - Disco y esbozo para disco para aplicaciones generales: EN 941
  - Disco y esbozo para disco para la fabricación de utensilios domésticos: EN 851.
  - Plancha antideslizante: EN 1386.
  - Chapa y banda recubierta en continuo para aplicaciones generales: EN 1396.
  - Métodos de análisis: EN 1669.
- **PIEZAS FORJADAS**
  - Piezas forjadas: De EN 586-1 a EN 586-3.
  - Esbozos semielaborados para forjar: De EN 603-1 a EN 603-3.
  - Esbozos colados para forjar: De EN 604-1 a EN 604-2.
- **MATERIAS PRIMAS Y PIEZAS MOLDEADAS**
  - Tochos para extrusión: EN 486.

- Placas para laminación: EN 487.
- Aleaciones madre producidas por fusión: EN 575.
- Lingotes de aluminio para refusión: EN 576.
- Metal líquido: EN 577.
- Fundición. Condiciones técnicas de suministro: EN 1559-4.
- Lingotes de aleaciones de aluminio para refusión: EN 1676.
- Piezas moldeadas. composición química y características mecánicas: EN 1706.
- Designación de lingotes de aluminio y sus aleaciones para refusión, aleaciones madre y piezas moldeadas: De EN 1780-1 a EN 1780-3.

- **TUBOS ELECTROSOLDADOS**
  - Tubos electrosoldados por alta frecuencia: De EN 1592-1 a EN 1592-4.
- **COSPELES**
  - Cospeles para extrusión por impacto obtenidos de productos forjados: EN 570.
- **ANODIZACIÓN**
  - Anodización: De EN 12373-1 a EN 12373-19.
- **APLICACIONES ESPECÍFICAS**
  - Requisitos específicos de la composición química de los productos destinados a la fabricación de envases y componentes de envases: EN 14287.
  - Productos laminados soldables para tanques para el almacenamiento y transporte de mercancías peligrosas: EN 14286.
  - Chapas, bandas y planchas para aplicaciones electrotécnicas: EN 14121
  - ALUMINIO EN CONTACTO CON ALIMENTOS:
    - Productos de moldeo. Composición química de piezas moldeadas destinadas a estar en contacto con alimentos: EN 601.
    - Productos de forja. Composición química de semi-productos utilizados para la fabricación de artículos destinados a estar en contacto con alimentos: EN 601.
    - Requisitos para los productos anodizados destinados a estar en contacto con alimentos: EN 14392.
  - Productos estructurales para construcción: EN 15088.

- Productos forjados. Requisitos especiales para productos destinados a la fabricación de equipos a presión: EN 12392.
- Productos para aplicaciones estructurales ferroviarias: De EN 13981-1 a EN 13981-4.
- Especificaciones para los productos forjados y moldeados para aplicaciones marinas (construcciones navales, costeras y marítimas): De EN 13195-1 a EN 13195-3.

b) Especificaciones para las chatarras de Aluminio.

Además de estándares para los productos de aluminio, también 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.

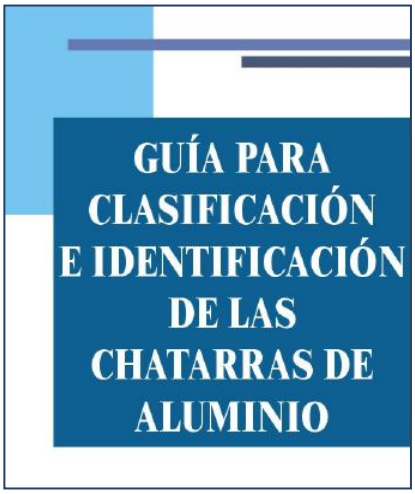
A nivel de comercio internacional, la norma más utilizada es la **Especificación ISRI**, desarrollada por la Asociación norteamericana de recicladores de chatarra (Institute of Scrap Recycling Industries, ISRI). Este estándar americano establece las normas para la clasificación de la chatarra férrica, 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 UN 13920** 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.

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, 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.



(Fuente: FER)

4. Proceso de Reciclaje

4. PROCESO DE RECICLAJE.

4.1. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

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 virtud del principio de jerarquía en el tratamiento de residuos trata de fomentar la **minimización** en la generación de residuos. En el caso de que esta no sea posible, propone otros procesos alternativos ordenados por orden de presencia: la **reutilización**, el **reciclado**, la **valorización**, y, como última opción, la **eliminación**.

Dentro del flujo de los residuos podemos distinguir los Residuos Sólidos Urbanos (en adelante RSU) que se definen en la Ley Básica de Residuos como "los generados en los domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, así como todos aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición puedan asimilarse a los producidos en los anteriores lugares o actividades".

Tendrán también la consideración de residuos urbanos los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas; animales domésticos muertos, así como muebles, enseres y vehículos abandonados y los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

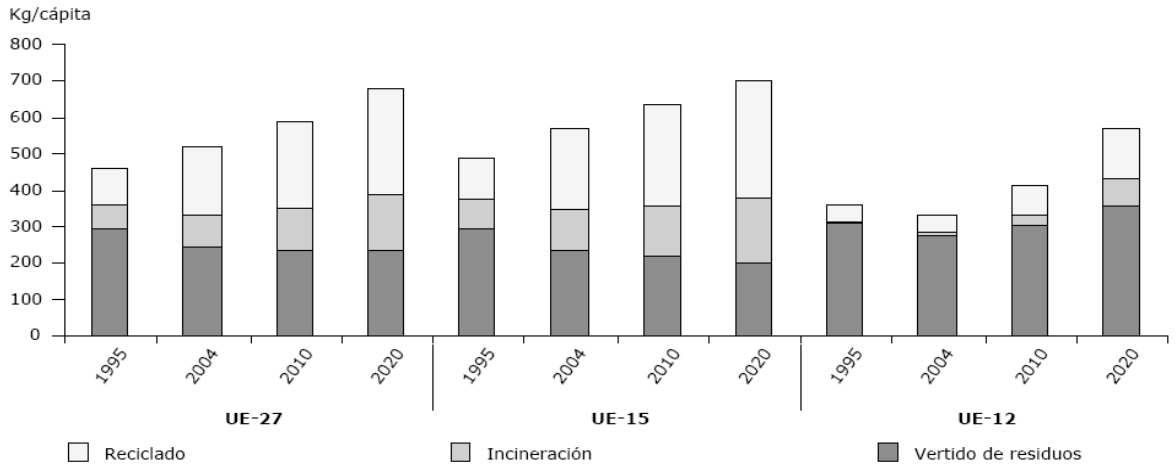
Dentro del amplio concepto de los RSU se pueden distinguir varios flujos, uno de ellos que vamos a destacar es de la **"bolsa de resto",** que incluye la materia orgánica y los residuos que no estén catalogados como peligrosos o especiales y no hayan sido recogidos en otros contenedores (escombros, etc.) que se depositan en el tradicionalmente conocido como "cubo de la basura". Estos residuos se pueden enviar a plantas de compostaje para valorizar la fracción orgánica que contienen y obtener **compost**.

La última opción para los residuos sólidos urbanos es el depósito en **vertedero**, ya que es la última en la jerarquía de residuos. No obstante, ha sido la opción más utilizada históricamente y 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.

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 tóxicos y 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 o las radiografías, deben depositarse en instalaciones especiales, los **"puntos limpios",** que deberán recibir, además, otros residuos especiales como los voluminosos.

El gráfico que se incluye a continuación indica los kilogramos de residuos sólidos urbanos generados por habitante y la gestión realizada sobre los mismos en función de los distintos países europeos, según una valoración publicada por la Agencia Europea de Medio Ambiente en marzo de 2010, que indica que cada ciudadano europeo generó 524 kilogramos de residuos urbanos en 2008, cifra que podría aumentar hasta 680 en 2020, lo que supondría un aumento de la generación de residuos del 50% en 25 años.



Generación y gestión de los residuos urbanos per cápita en Europa. Fuente: Eurostat y ETC/RWM.

Por último, dentro de los RSU podemos encontrar los envases de origen domestico, 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.

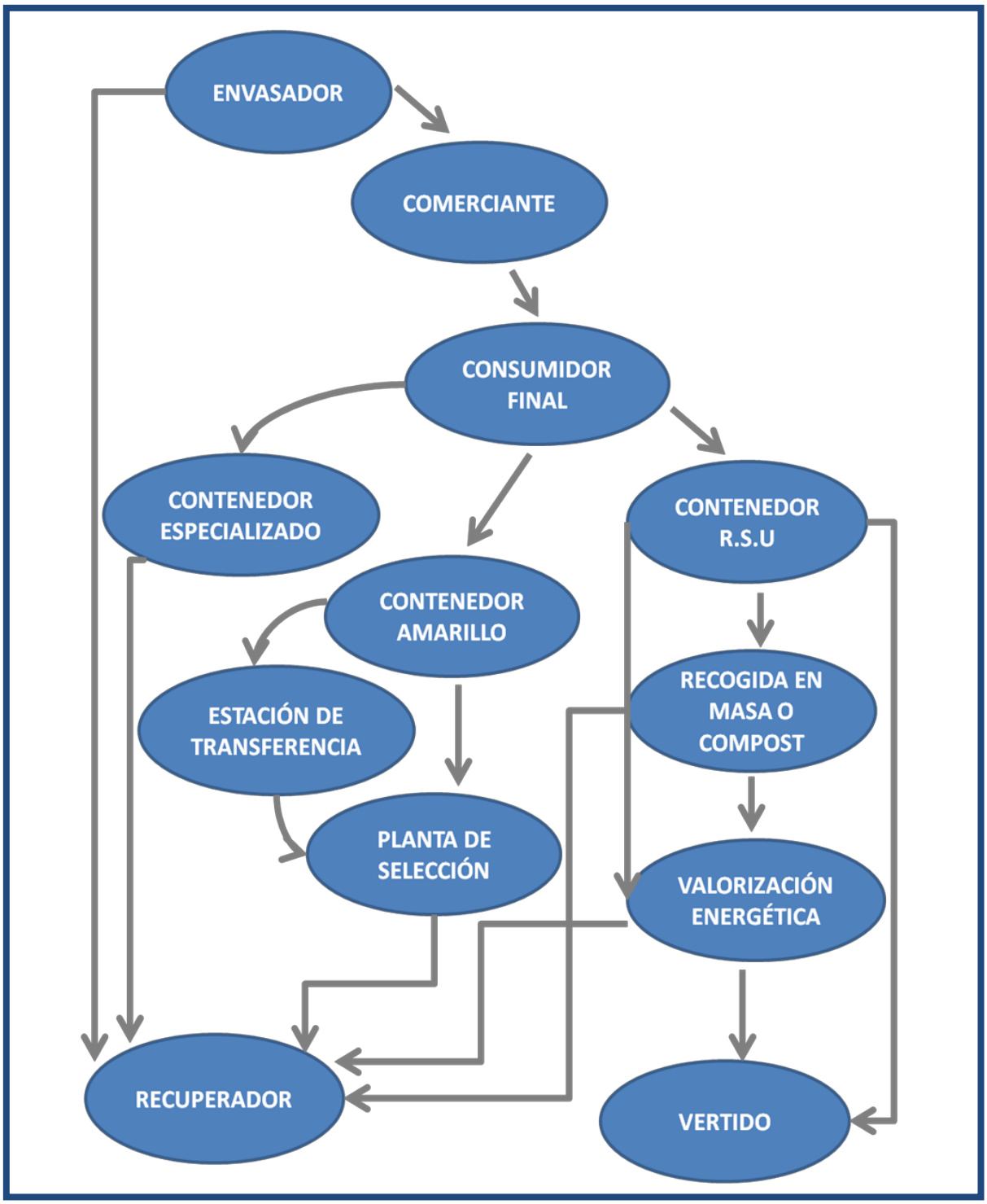
Para llevar a cabo una adecuada separación por materiales, los residuos de envases que son recogidos en estos contenedores se llevan a **plantas de selección**, donde se clasifican y seleccionan para después ser reciclados o valorizados.

Lógicamente las tasas de reciclado y los posibles usos del nuevo material generado dependen de la composición de los envases, algunos como el aluminio son 100% reciclables y su destino son las refinerías, donde se utilizan como materia prima para fabricar nuevos productos metálicos.

El resto de materiales, como los envases de plástico también se pueden reciclar 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 usualmente se pueden reciclar tratándolos como un residuo homogéneo, como si estuvieran formados por un solo componente, en la fabricación de aglomerados. Existen otras técnicas dirigidas a obtener cada uno de los materiales por separado, de forma que el papel se puede reciclar y el polietileno y el aluminio se puedan destinar a la valorización.

4.2. GESTIÓN DE LOS ENVASES DE ALUMINIO.

Diagrama de flujo 1:



Como se observa en el esquema anterior, 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.

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 prensar el bote de bebida en el momento de la recepción, con lo que se consigue, dado su menor volumen, abaratar el almacenamiento y el transporte.

Contenedor especializado

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

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.

Electroimán para la separación del material férrico.

El envase es depositado en los **contenedores de RSU, papeleras**, etc., donde el sistema ordinario de recogida, transporte y tratamiento de residuos y desechos sólidos urbanos 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 y enviado al recuperador. El resto es almacenado para la obtención de compost o energía.

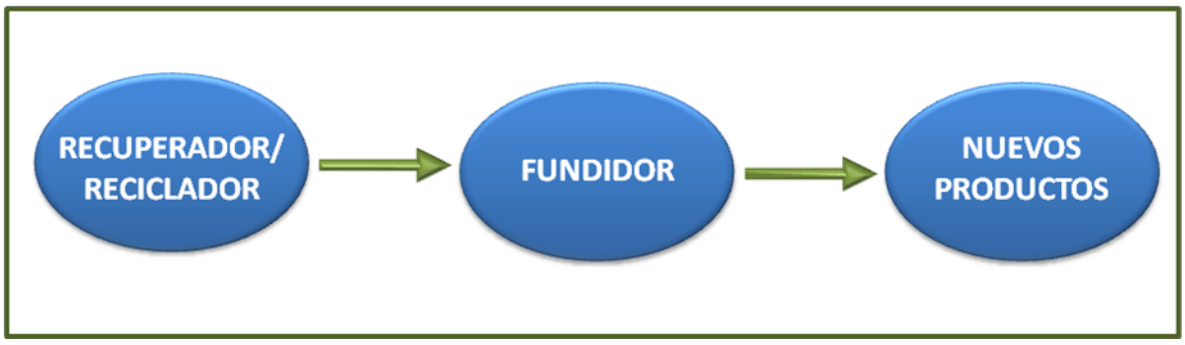
El material es recogido por pequeños recuperadores y, tras hacer una preselección, es enviado a otros recuperadores de mayor entidad.

Vehículo tipo donde se realiza el transporte de material prensado.

Existe un porcentaje de material que, tras ser recogido y enviado a vertedero, no vuelve a entrar en el ciclo.

Otra cantidad significativa de residuos 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.

Diagrama de flujo 2:



En este diagrama se muestra el proceso que siguen los envases de aluminio una vez que llegan a la planta de recuperación. Este apartado se explicará más detalladamente en el siguiente capítulo del Estudio.

4.3. TRATAMIENTO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

En el punto anterior, se citan distintas plantas en las que se pueden clasificar o gestionar los RSU, como las de selección o las de compostaje. En los últimos años ha surgido la figura de la **planta de tratamiento integral de RSU**. 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 RSU 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 legar a la planta en camiones o 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.

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.
- 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. Este proceso tiene lugar 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.

Pilas de compostaje.

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.

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.

No obstante, tanto el proceso de compostaje como el de incineración serán explicados más ampliamente en los siguientes capítulos del estudio.

4.4. 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 procedente 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.

Cinta transportadora donde comienza la selección de envases.

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.

Rompedor de bolsas.

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.

El trómel actúa como criba cilíndrica.

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.

4. 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.
5. Los plásticos se separan posteriormente, en principio 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.

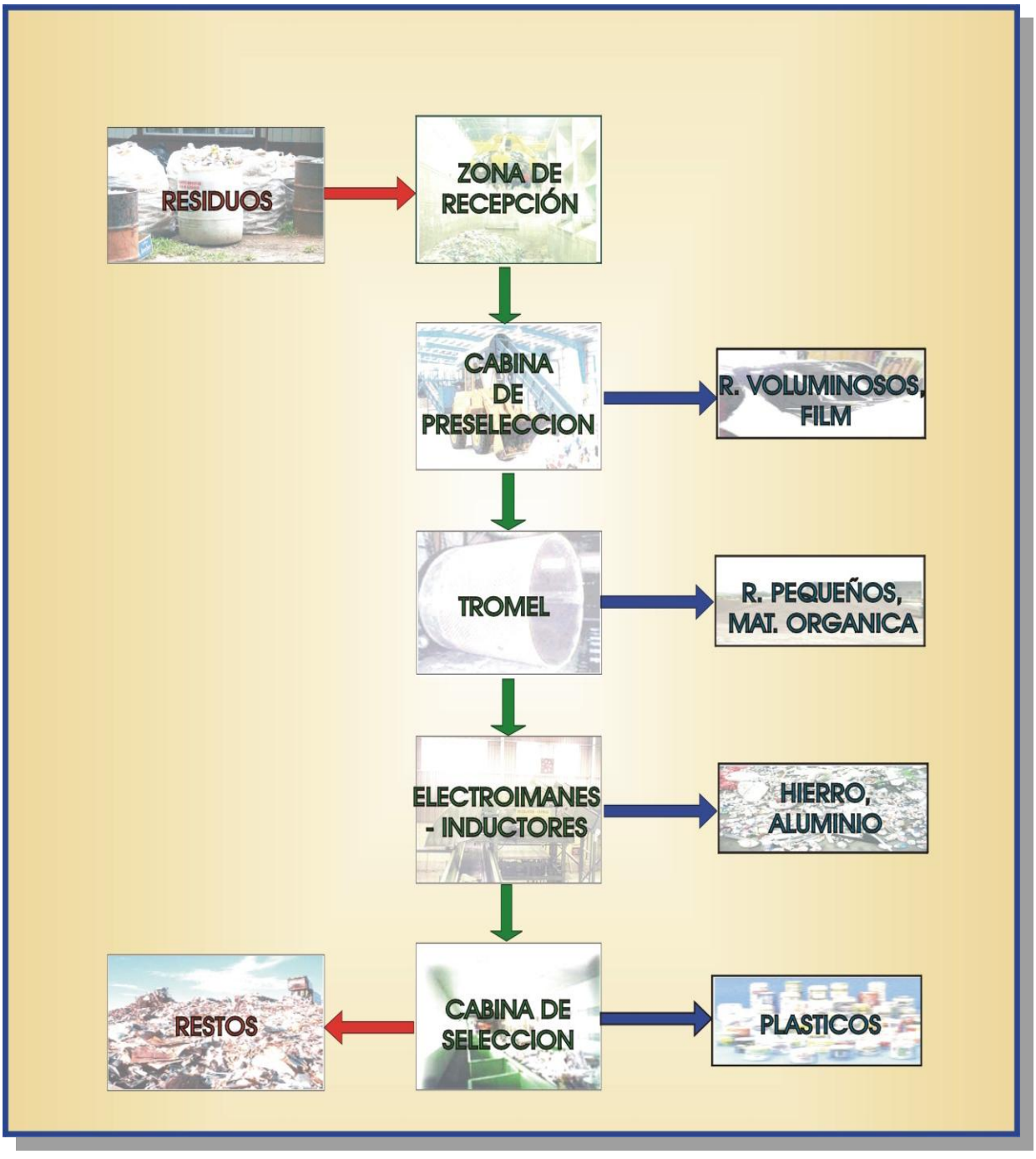
Estos plásticos después de ser separados, se trituran y apilan en sacos, o bien se compactan en paquetes.

Plásticos separados y compactados en el interior de una planta.

6. 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).
7. 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.

Residuos procedentes del rechazo en una planta de selección.

Esquema resumen del proceso con los envases clasificados en cada etapa:



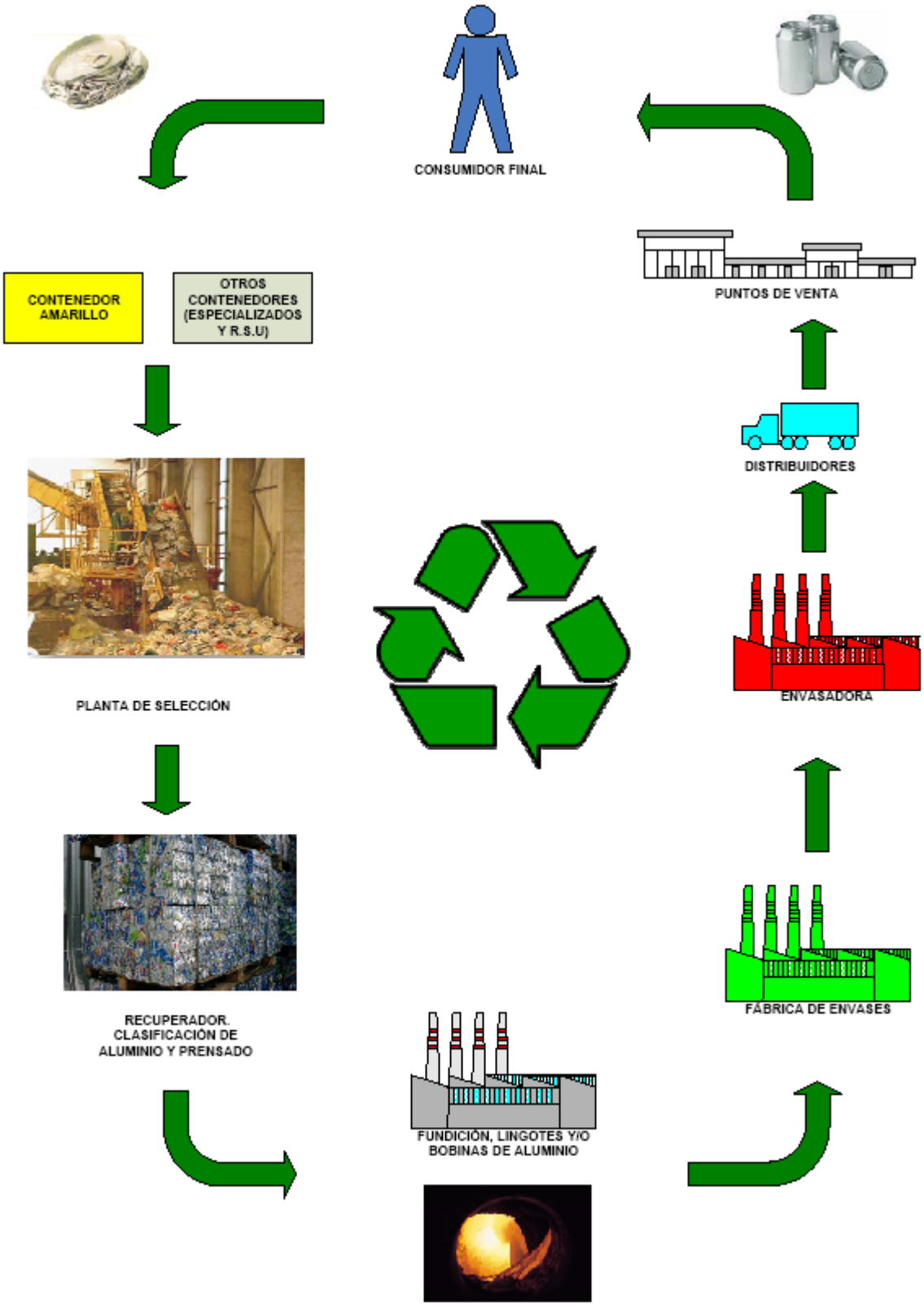
5. Fundición de Aluminio.

5. FUNDICIÓN DE ALUMINIO.

5.1 INTRODUCCIÓN. GRÁFICO GLOBAL DEL PROCESO DE RECICLADO.

Los metales pueden ser recuperados de productos o residuos, y devueltos al proceso productivo sin ninguna pérdida de calidad. En el caso del presente estudio, el aluminio reciclado representa una parte importante de la producción total y permite reducir el consumo energético de los nuevos productos que se conformen.

De forma muy gráfica y resumida desde que un envase es desechado por el consumidor final hasta que es de nuevo puesto en el mercado, el proceso es el siguiente:


CONSUMIDOR FINAL
PUNTOS DE VENTA
DISTRIBUIDORES
ENVASADORA
FÁBRICA DE ENVASES
FUNDICIÓN, LINGOTES Y/O BOBINAS DE ALUMINIO
RECUPERADOR. CLASIFICACIÓN DE ALUMINIO Y PRENSADO
PLANTA DE SELECCIÓN
CONTENEDOR AMARILLO
OTROS CONTENEDORES (ESPECIALIZADOS Y R.S.U)

5.1.1 Pretratamiento y Fundición.

a) 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, para la elaboración de nuevos lingotes de diferentes formatos.

Paquetes de material recibido.

Previamente se realiza el correspondiente registro documental del material enviado desde la planta de selección y posteriormente se almacena de forma temporal para su pretratamiento, antes de envío a fundición.

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 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 proceso del refinador (cliente).

b) Fundición.

El recuperador envía a fundición el material una vez está preparado y tratado para el proceso de fusión. 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.

Imagen de horno de reverbero

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 que hay en el interior del horno, mediante 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, previniendo así 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 en la propia instalación.

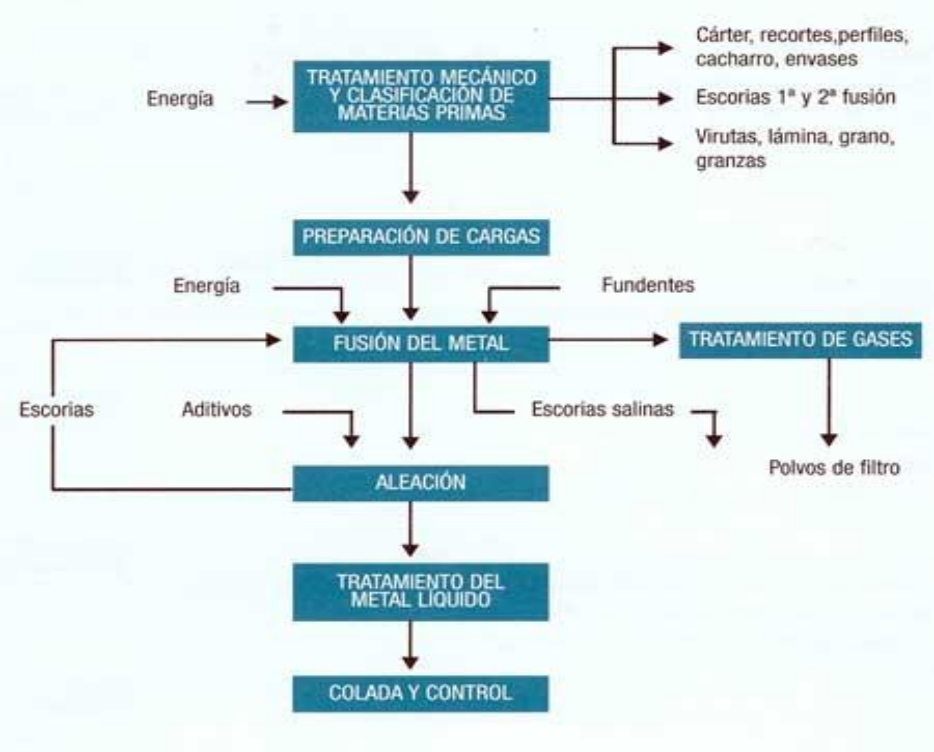
Por un lado se calienta la carga por el contacto directo de las llamas, gases (convección) y la radiación de la bóveda caliente (temperatura alta del material refractario), y por otro se calienta también por contacto directo con la parte superior del horno, que al girar queda bajo la carga, aumentando 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 y que en los hornos de reverbero ordinarios dificulta el calentamiento de la masa del metal.

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.

También se pueden trabajar con otras alternativas como son los **hornos eléctricos**.

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



Fuente: 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**.

c) Productos de Fundición.

Las fundiciones de aluminio producen varios tipos de productos que dependen en gran medida 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:

i. Lingotes, semiesferas y troncos de pirámide. Lingotes de extrusión.

- **Lingotes.**

En la salida del horno de fundición en cualquiera de sus modalidades (reverbero, rotativos fijos, basculantes) se emplaza una o varias la líneas de moldes para lingotes que son alimentadas por el metal fundido. Los moldes habitualmente tienen forma de paralelepípedo o una pirámide truncada de base rectangular, con el objetivo de facilitar su desmoldeo, sin aristas pronunciadas ni otros elementos que produzcan daños en el molde o en el lingote. Los propios moldes pueden están incluso calentados con el objetivo de que el lingote se enfríe de forma uniforme desde las paredes hasta el interior.

No solo se prepara un molde para facilitar el desmoldeo sino también el almacenamiento y manipulación 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 troncónica del lingote favorece el desmoldeo y el transporte (mejor manipulación con carretilla eléctrica y maximiza las unidades a enviar en cada transporte).

Detalle lingote

Lingotes de aluminio flejados y paletizados con el objetivo de optimizar el transporte y seguridad de la carga.

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.

El tamaño y por tanto el peso del lingote va en función de la capacidad de la instalación y de las necesidades de los clientes, por ejemplo fundiciones para la elaboración de piezas de moldeo o trenes de laminación para la elaboración de bobinas de aluminio. De forma habitual podemos encontrar desde 10 a 80 Kg por unidad hasta incluso placas de más 15 Tm para la elaboración de bobinas de aluminio.

Manipulación de placas de grandes dimensiones

Las placas son transportadas a plantas que disponen de trenes de laminación en caliente y en frio 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 solicitaciones 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.

Bobina de aluminio a partir de lingote de grandes dimensiones.

- **Semiesferas y troncos de pirámide.**

También se elaboran productos de pequeña dimensión para función de piezas de moldeo de pequeño o para la desoxidación en el vuelco del acero líquido a la cuchara de acería. Las formas pueden ser semiesferas 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.

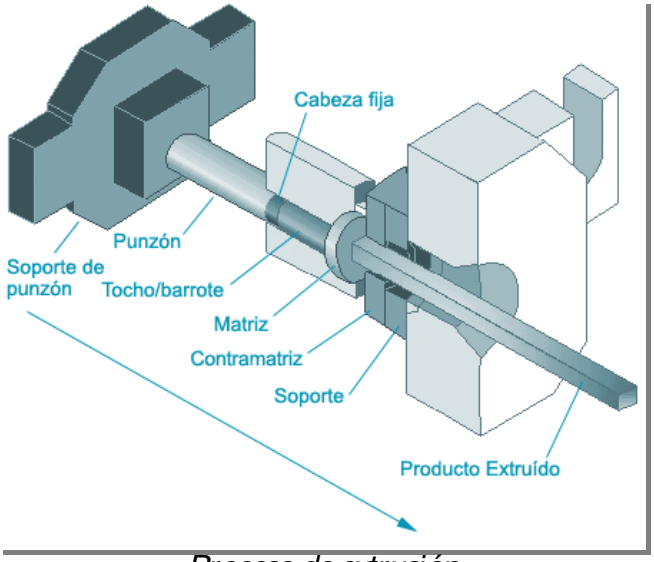
El tamaño es variable siendo el peso sensiblemente inferior a los lingotes relacionados anteriormente.

- **Lingotes de extrusión.**

La amplia utilización del aluminio viene debida a las ventajas que este metal no ferroso ofrece, es un metal ligero, excelente resistencia a la corrosión y mediante diversos tratamientos mecánicos y térmicos se obtiene una amplia gama de propiedades mecánicas en función de la demanda.

Lingotes para el proceso de extrusión

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 con una sección transversal definida. La forma de esta sección puede ser altamente compleja (por ejemplo la carpintería de aluminio para marcos de ventana) y con la maquinaria adecuada se consigue que material fluya a través de la matriz.



Proceso de extrusión

Las plantas de fundición si hay demanda, pueden elaborar lingotes con este formato pero habitualmente necesitarán un tratamiento térmico para mejorar sus propiedades en función de la matriz y la forma de la pieza final.

ii. 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. La capacidad de estas cucharas está en torno a las 8 toneladas cada una.

Aluminio fundido preparado para su envío a plantas de moldeo

5.2 CONFORMACIÓN DE 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, con una anchura de 1,2 metros y una longitud de entre 4.000 y 8.000 metros, y unas características mecánicas que con el tratamiento adecuado podrán soportar las operaciones de troquelado o estirado necesarias.

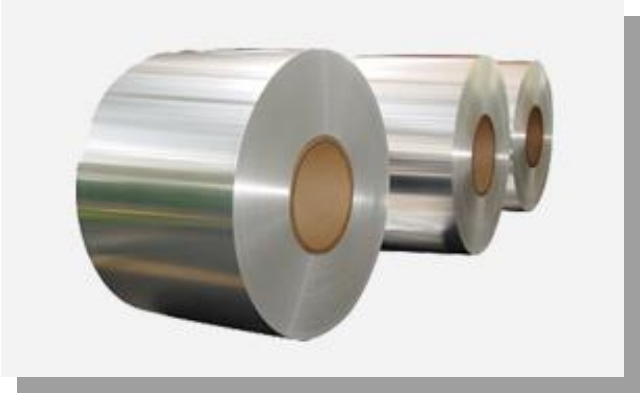


Imagen de bobinas de aluminio empleadas para la fabricación de nuevos envases

El proceso esta 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.

Los recortes de aluminio del proceso son enviados de nuevo a reciclar.

Continuando con el proceso automático, el vaso o copa obtenido se envía mediante cintas transportadoras a un nuevo equipo, que estira la pieza hasta formar en una sola pieza 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.

Ahora pasamos 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 60ºC. 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, por un lado evitamos que las bebidas tengan sabor metálico y por otra protegemos el aluminio de las bebidas carbonatadas que corroan la pieza.

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 envases que no han superado el control de calidad se vuelven 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.

Queda finalmente la incorporación del producto de venta al bote. Se envían los envases vacios a la línea de llenado y se realizan previamente dos operaciones para higienizar el bote limpiándolo con aire a presión y se lavándolo con agua a 180 º C.

A continuación se introduce el producto en el envase previamente pasteurizado o incluso esta operación se puede hacer en el mismo bote como sucede con las bebidas con contenido en zumo. Queda tan solo el sellado de la tapa y la codificación unitaria del bote (fecha de caducidad envasado y otros requisitos) todo ello por procesos automáticos, quedando un envase y un producto de gran calidad apto para el consumo.

Con el objetivo de optimizar costes, la velocidad del proceso de llenado es alta llegando incluso a los 2000 botes por minuto.

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

Fuente: BCME.

6. Maquinaria del Proceso de Reciclado de Envases

6. MAQUINARIA DEL PROCESO DE RECICLADO DE ENVASES.

6.1 ELEMENTOS DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE ENVASES.

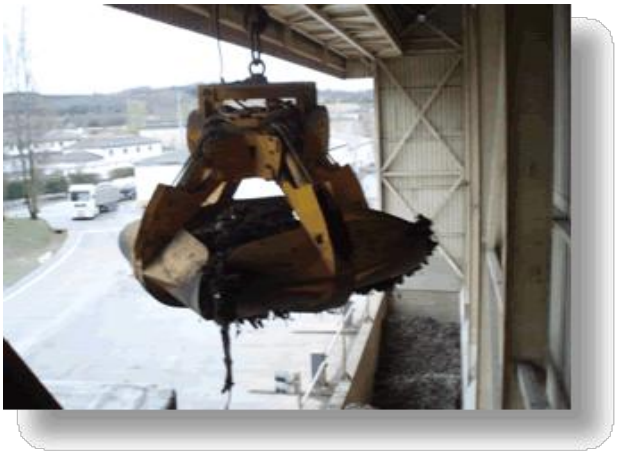
Ante la creciente demanda de la industria refinadora de aluminio para la elaboración de productos que satisfagan las necesidades del mercado de aluminio reciclado, es cada vez más importante la mejora de procesos y de métodos de trabajo. Para satisfacer la demanda de aluminio reciclado que se destina a la fabricación de gran variedad de productos y aplicaciones, 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 productos 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.

A) 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.



Alimentación de residuo mediante el uso de maquinaria.

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.

Materiales impropios

B) 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.

Alimentador vibratorio.

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.

Detalle de puente grúa

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.

Cintas de elevación de residuos.

C) 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.

Aspirador neumático.

D) Trómel.

Salida del trómel. Se aprecian los residuos de mayor tamaño.

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.

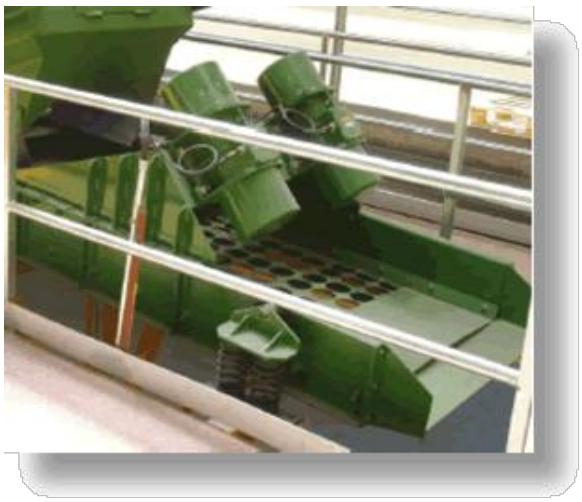
El tamaño de malla de la segunda sección se aproxima al tamaño de botes de bebida y conservas. El material que se extrae en este punto se hace pasar, a continuación, por un electroimán y un separador magnético, que genera corrientes de Foucault para aislar el aluminio. Los materiales no metálicos continúan 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.)

Vista del trómel y cintas de movimiento de material.

E) 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.



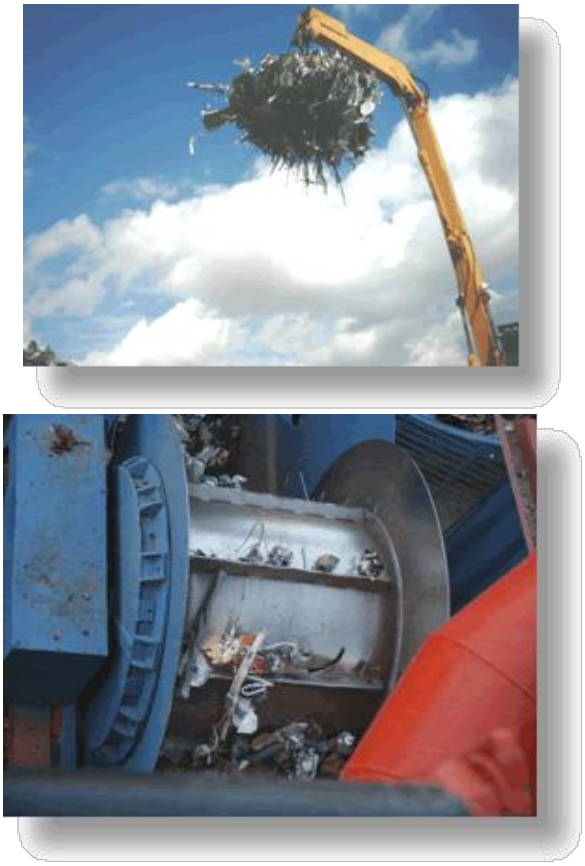
Criba de separación de briks y botes.

Criba en barras de voladizo para voluminoso.

F) 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.



Electroimanes, de pulpo y de cinta.

G) 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.

Inductor.

H) Cintas de Triaje.

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 de70 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.

Cintas de triaje en paralelo para aumentar la producción.

Imagen de una cinta de triaje.

I) 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.

J) 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.

Envases compactados mediante prensa para envío a fundición.

7. El Compostaje en el Reciclaje de Envases de Aluminio

7. El Compostaje en el Reciclaje de Envases de Aluminio.

7.1 Introducción.

El compostaje es un proceso de transformación de la materia orgánica que ha sido utilizado ampliamente desde hace muchos años en el medio rural para generar abono o compost en los cultivos agrícolas. En los últimos años ha recibido un impulso importante debido a las exigentes normativas europeas que tratan de minimizar el impacto de los residuos sobre el entorno, llegándose a convertir en una técnica ampliamente utilizada en el tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos.

De esta forma, se reduce el peso y el volumen de la materia orgánica que contienen los Residuos Sólidos Urbanos y, al mismo tiempo, se genera un producto final de utilidad. No obstante, hay que señalar que todavía se produce un alto nivel de contaminación en la bolsa de restos, a pesar de que el proceso de separación de basuras en origen está implantado desde hace varios años en la mayoría de las grandes ciudades. La bolsa de restos debería contener fundamentalmente materia orgánica, pero aparece una cantidad importante de otros tipos de residuos.

El proceso de compostaje consiste en una descomposición biológica incompleta de los residuos orgánicos desarrollada por diferentes microorganismos. Se lleva a cabo en condiciones aerobias (en presencia de oxígeno) y termófilas (temperatura próxima a los 40-60 ºC), transcurriendo una serie de transformaciones bioquímicas similares a las que ocurren en el suelo del medio natural, pero de forma acelerada al introducirse en compartimentos estancos con condiciones controladas.

Para que este proceso se desarrolle de manera adecuada, los microorganismos necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad, pH, oxígeno, composición y tamaño de los residuos. Para lograrlo, se pueden realizar operaciones previas como la trituración de los residuos que se van a destinar al compostaje o, una vez iniciado el proceso, el riego y el volteo periódicos de las pilas de compostaje.

Los microorganismos actúan sobre la materia orgánica mineralizando (transformándola en compuestos inorgánicos) la fracción más fácilmente asimilable y humificando los compuestos más difícilmente atacables. El resultado final es la obtención de un compuesto parcialmente mineralizado y humificado que puede sufrir, posteriormente, mineralizaciones

más lentas, una vez incorporado al suelo como enmienda orgánica. La reacción química que se produce es la siguiente:

$$\text{Materia Orgánica} + O_2 \xrightarrow{\text{Bacterias aerobias}} \text{Compost} + \text{Células nuevas} + CO_2 + H_2O + NH_3 + SO_4^{2-} + \text{Calor}$$

Es decir, a partir de la materia orgánica y en presencia de oxígeno, las bacterias aerobias llevan a cabo el proceso de compostaje, del cual se obtiene, al margen del propio compost, dióxido de carbono, agua, amoníaco, sulfatos y calor, además de nuevos organismos de las propias bacterias que mantienen el nivel de la población de microorganismos.

Entre los diferentes tipos de residuos que se suelen tratar en este tipo de instalaciones se encuentran los siguientes:

- FORM: fracción orgánica que procede de la recogida selectiva de basuras.
- MET: fracción sólida procedente de la digestión anaeróbica de la fracción orgánica de la recogida de RSU.
- ME: material estructural formado por restos de podas y cosechas.
- LODOS: lodos procedentes de las estaciones depuradoras de aguas residuales.

El compost generado se emplea como abono en agricultura, terrenos forestales degradados, paisajismo, jardinería y, en general, en terrenos con cierto nivel de degradación o con carencia de materia orgánica. Por lo tanto, es un proceso con un uso potencial muy importante en España, teniendo en cuenta que el 40 % de los residuos que se generan están formados por materia orgánica y que los suelos del centro y el sur de la Península Ibérica tienen una importante deficiencia, casi generalizada, de materia orgánica.

En la Unión Europea, se estima que, en 2008, al menos el 30% de los residuos urbanos y una gran proporción de los residuos industriales, en torno al 40% de la generación total de residuos urbanos en Europa, podrían ser destinados al tratamiento biológico mediante compostaje y digestión anaerobia. La producción de compost de la UE27 se sitúa cerca de 24 millones de toneladas, aunque se estima que podría ser superior a 80 millones con la tecnología disponible actualmente.

En las plantas de compost también se genera un “rechazo” (que puede llegar a suponer una parte importante del material de entrada de la instalación) que debe ser eliminado en vertedero o por medio de un proceso de valorización energética.

Clasificación de los residuos en la zona de recepción.

7.2 PROCESO DE COMPOSTAJE.

El proceso de compostaje consta de varias fases diferenciadas entre sí, que serán explicadas en detalle a continuación. Estas fases son las siguientes:

- Zona de recepción, selección y trituración de materias primas.
- Zona de primera fermentación de la materia orgánica.
- Zona de maduración.
- Zona de afino.

A) Zona de Recepción, Selección y Trituración.

El residuo orgánico, una vez pesado y registrado, se descarga en la zona de recepción, desde donde se deposita, mediante una pala cargadora, en una tolva o área de descarga.

En este punto se produce una primera selección de impurezas tales como envases metálicos, embalajes de plásticos y residuos peligrosos (pilas, medicamentos, pinturas...) Estos residuos no biodegradables se extraen mediante una selección manual o bien mediante un proceso mecánico, empleándose electroimanes para separar el material férrico, inductores para el aluminio y separadores neumáticos que puedan separar plásticos tipo films. Así, se logran recuperar los elementos reutilizables y reciclables y separar los productos inhibidores del proceso y los que pueden ser tóxicos o perjudiciales para el suelo.

Para aumentar la superficie específica y facilitar la acción de los microorganismos, se trocean los residuos mediante el empleo de molinos, cribas, tambores y troceadores, lo que permite mezclar los distintos tipos de materiales y así optimizar el proceso de fermentación.

Máquina trituradora.

B) Zona de Fermentación.

En la zona de fermentación se inicia la descomposición de la materia orgánica; esta etapa tiene una duración de varias semanas, con el objetivo de conseguir el grado óptimo de humedad, entre el 30% y el 70%, y una relación C/N (proporción entre el contenido de carbono y el de nitrógeno dentro de la mezcla) en torno a 25-35. Entre los distintos sistemas de compostaje se encuentran los siguientes:

- **Pilas de compostaje:**

Para conseguir una concentración de oxígeno suficiente, las pilas se voltean con máquinas especiales que mezclan y esponjan el material y, si es necesario, pueden añadir agua para aumentar el grado de humedad. En algunas plantas se inyecta aire mediante tubos rasurados o a través de suelos perforados y ventilados.

Los líquidos que desprenden las pilas objeto de compostaje, es decir, los lixiviados, se recogen y sirven para continuar regando las pilas. Toda la superficie de la planta está pavimentada de manera que las aguas pluviales puedan ser recogidas y aprovechadas para el riego del compost.

- **Trincheras:**

En el sistema de trincheras el material se almacena entre muros de hormigón, con suelos perforados para permitir la ventilación del compuesto. Para facilitar la recogida de los

lixiviados generados, junto con las trincheras se diseña un sistema de pendientes y conducciones adecuadas.

Este sistema presenta una serie de ventajas sobre el sistema de pilas, ya que ocupa menos terreno y puede ser automatizado en su mayor parte. Además, es un proceso continuo que suele utilizar dispositivos para el volteo.

- **Túneles:**

Los túneles son recintos de sección rectangular, generalmente de hormigón armado de grandes dimensiones, cerrados por una puerta hermética que permite la entrada de la maquinaria de carga y descarga. Esta disposición cerrada permite un mayor control de la temperatura, aireación, presión y humedad del proceso, mejorando sensiblemente su rendimiento. El volteo puede ser manual o automático.

Compostaje en túneles.

- **Digestores:**

Los digestores son generalmente metálicos, en forma de cilindro o con una estructura vertical de torre, siendo más complejos técnicamente. Con estos sistemas se acelera la descomposición de la materia orgánica, se evitan los problemas de olores y, además, las plantas son compactas, de forma que ocupan menos espacio.

Normalmente, los digestores se cargan por la parte superior y los residuos van descendiendo hasta salir por la parte inferior y terminar el proceso. La mayoría de estos modelos disponen de circulación forzada de aire y de elementos de control de temperatura y oxígeno.

C) Zona de Maduración.

Una vez transcurridas entre 1 y 5 semanas, el compost se transporta a la zona de maduración, que está impermeabilizada, donde se deja reposar. Periódicamente, se aplican volteos con el objetivo de mantener el nivel de oxígeno de la mezcla y homogeneizar la masa, para lograr una correcta maduración del producto. A este punto se suele llegar transcurridos de 3 a 5 meses, si bien el tiempo empleado depende de la tecnología utilizada.

Zona de maduración.

D) Zona de Afino.

El material procedente de la zona de maduración se dirige mediante cintas transportadoras hacia la zona de afino, donde se eliminan las impurezas con ayuda de ciclones o tamices aireados. Algunos tamices se pueden ajustar para diferentes fracciones: fracción pesada, compuesta por elementos como vidrio o piedras, fracción media, que es el propio compost, y fracción ligera, que está formada por papel y elementos plásticos.

Además, se emplean electroimanes y separadores de Foucault para asegurar la separación completa de los materiales férricos y del aluminio. Posteriormente, el compost pasa por una criba rotativa o trómel para la obtención de las diferentes granulometrías, distribuyéndose el material según su tamaño.

De este modo, se obtiene un material final homogéneo y fino, libre de impurezas, que puede ser comercializado como abono o corrector de suelos consiguiéndose una eficiencia de separación de hasta el 98%.

Criba de afino de compost.

Compost en el proceso de afino.

E) Sistemas de Depuración de Olores y Efluentes.

En las plantas de compostaje, es importante disponer de un adecuado sistema de recogida y depuración de aguas. Para ello, toda la superficie de la planta se pavimenta de manera que las aguas pluviales puedan ser recogidas y aprovechadas para el riego del compost. Los lixiviados que desprenden las pilas de compostaje se emplean también para este riego. Por otra parte, mediante un sistema independiente, las aguas

contaminadas se recogen y se conducen a una depuradora antes de su vertido. Todo este sistema garantiza la adecuada gestión de los efluentes líquidos.

El control de olor es uno de los principales intereses en las grandes instalaciones de compostaje, especialmente si se ubican cerca de áreas residenciales. Una buena gestión del proceso puede reducir los olores, pero en muchos casos todavía se requerirá algún método del tratamiento del olor. Los diferentes métodos que se pueden utilizar son la destrucción térmica, el carbón activo, el lavado químico y los filtros biológicos o biofiltros, que se convierten en la opción preferida por ser el más económico.

El proceso de la filtración biológica se basa en poner en contacto el aire saturado, que contiene los olores, con un lecho fijo de bacterias. La carga contaminante queda adsorbida en el lecho o se disuelve en la capa de agua que lo rodea. En este punto, los microorganismos presentes en los biofiltros se alimentan de los compuestos contaminantes. De esta manera, la masa bacteriana puede experimentar crecimiento, aunque este no llega a niveles preocupantes porque la concentración de contaminantes en la corriente de aire no es demasiado alta.

Compost ya formado.

8. La Incineración en el Reciclaje de Envases de Aluminio

8. La Incineración en el Reciclaje de Envases de Aluminio.

8.1 Introducción.

Las nuevas normativas más exigentes en cuestiones medioambientales están provocando un fuerte aumento de las actividades de recuperación, reciclado y valorización de residuos. Entre estas actividades de gestión de residuos destacan las plantas de incineración con valorización energética, que logran disminuir el volumen de los residuos hasta en un 90 %, estabilizándolos y obteniendo una gran cantidad de energía eléctrica.

Aunque posteriormente haremos referencia a la normativa específica sobre incineración de residuos, queremos señalar con carácter previo que la **Directiva 2008/98/CE** sobre los Residuos, que establece la normativa básica de Residuos **ha establecido una serie de condiciones para considerar a una operación de tratamiento de residuos como Valorización Energética**.

a) *"En primer lugar se exige su utilización principal como combustible u otro modo de producir energía*
b) *En segundo lugar se exige que su eficiencia energética resulte igual o superior a*

- 0,60 tratándose de instalaciones en funcionamiento y autorizadas conforme a la legislación comunitaria aplicable desde antes del 1 de enero de 2009;

- 0,65 tratándose de instalaciones autorizadas después del 31 de diciembre de 2008 aplicando la siguiente fórmula:

Eficiencia energética = (Ep – (Ef + Ei)) / (0,97 × (Ew + Ef))

donde:

Ep es la energía anual producida como calor o electricidad, que se calcula multiplicando la energía en forma de electricidad por 2,6 y el calor producido para usos comerciales por 1,1 (GJ/año).

Ef es la aportación anual de energía al sistema a partir de los combustibles que contribuyen a la producción de vapor (GJ/año).

Ew es la energía anual contenida en los residuos tratados, calculada utilizando el poder calorífico neto de los residuos (GJ/año).

Ei es la energía anual importada excluyendo Ew y Ef (GJ/año).

c) *0,97 es un factor que representa las pérdidas de energía debidas a las cenizas de fondo y la radiación.*
d) *Esta fórmula se aplicará de conformidad con el documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para la incineración*
e) *de residuos.".*

El motivo de incluir un apartado diferenciado sobre la incineración de residuos en este estudio, es la recogida de gran cantidad de envases de aluminio en las plantas de valorización energética de RSU. Esto se debe a que en la "bolsa de restos" (cuyo contenido mayoritario debe ser orgánico), todavía hoy en día se introducen diversos envases y otros residuos, entre los que se encuentran envases de aluminio.

Debido a este hecho, se instalan a la entrada o a la salida de las plantas de valorización energética, separadores de materiales metálicos, tales como electroimanes, inductores magnéticos por corrientes de Foucault, etc., para la separación de los metales.

En la actualidad existen en España diez plantas incineradoras de Residuos Sólidos Urbanos y una más en Andorra, que pertenecen a AEVERSU, la Asociación de Empresas para la Valorización Energética de los R.S.U. Estas plantas son:

- Centre de Tractament de Residus d´Andorra S.A (CTRA) (Andorra la Vella)
- Planta de Tratamiento de Residuos Urbanos de Cantabria. Recuperación Energética (Cantabria).
- Residuos de Melilla S.A. (REMESA) (Melilla).
- Seruels D¨Incineració dels Residus Urbaus S.A. (SIRUSA) (Tarragona).
- Sociedade Galega do Medioambiente S.A. (SOGAMA) (A Coruña).
- Tirmadrid S.A. (Madrid).
- Tirme S.A. (Mallorca).
- Trargisa (Girona).
- Tratament i Selecció de Residus S.A. (TERSA) (Barcelona).
- Tratment i Revalorització de Residus del Maresme S.A. (Barcelona).
- Zabalgarbi S.A. (Bilbao).

Todas ellas valorizaron en España más 2.165.000 toneladas de Residuos Sólidos Urbanos en el año 2008.

A continuación vamos a hacer una breve descripción de los procesos y la legislación relacionada con la incineración de los Residuos Sólidos Urbanos.

8.2 LEGISLACIÓN.

A finales del año 2010 el Parlamento y el Consejo de la Unión Europea aprobaron la **Directiva 2010/75/UE** sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación). En esta Directiva se refunden las siguientes Directivas: la **Directiva 2000/76/CE** relativa a la incineración de residuos, la **Directiva 2001/80/CE** sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión y la **Directiva 2008/1/CE** relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación, así como la **Directiva 78/176/CEE** relativa a los residuos procedentes de la industria del dióxido de titanio, la **Directiva 82/883/CEE** relativa a las modalidades de supervisión y de control de los medios afectados por los residuos procedentes de la industria del dióxido de titanio, la **Directiva 92/112/CEE** por la que se fija el régimen de armonización de los programas de reducción, con vistas a la supresión, de la contaminación producida por los residuos de la industria del dióxido de titanio, y la **Directiva 1999/13/CE** relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones.

Por tanto, al refundir en una sola norma todas estas Directivas, se crea un marco general para el control de las principales actividades industriales, dando prioridad a la intervención en la fuente misma. La entrada en vigor de esta nueva normativa se produjo a partir del 7 de enero de 2011, y con ella la derogación de la normativa anteriormente mencionada.

El objetivo de esta nueva Directiva es establecer normas sobre la prevención y el control integrados de la contaminación procedente de las actividades industriales, para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo, y evitar la generación de residuos con el fin de alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente considerado en su conjunto, de manera que se evite la transferencia de contaminación de un ámbito del medio ambiente a otro.

Además, uno de los aspectos donde se hace mayor hincapié es en el refuerzo de la implantación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD), es decir, la utilización de técnicas ya establecidas que son las más eficaces para lograr un alto nivel de protección del medio ambiente en su conjunto y que pueden aplicarse en el sector correspondiente en condiciones económica y técnicamente viables, teniendo en cuenta los costes y ventajas que implican.

En la actualidad en España se está trabajando en la transposición a nuestro ordenamiento jurídico de esta nueva Directiva, para lo que se ha elaborado el anteproyecto de ley que modificará la **Ley 16/2002**, de 1 de julio, de prevención y control de la contaminación. Adicionalmente, se ha incorporado al anteproyecto de Ley tres disposiciones adicionales con los correspondientes regímenes sancionadores de conformidad con la aplicación en la Unión Europea del Convenio de Rótterdam, el Convenio de Estocolmo junto con el Protocolo sobre contaminantes orgánicos persistentes del Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia, así como la Estrategia comunitaria sobre el mercurio.

A) Requisitos.

La **Directiva 2010/75/UE** sobre las emisiones industriales, establece las condiciones y requisitos para el funcionamiento de las instalaciones de incineración de residuos y a las instalaciones de coincineración de residuos que incineren o coincineren residuos sólidos o líquidos.

Para garantizar la combustión completa de los residuos, las instalaciones de incineración de residuos se explotarán de modo que se obtenga un grado de incineración tal que el contenido de carbono orgánico total (COT) de las escorias y las cenizas sea inferior al 3 % o su pérdida por combustión sea inferior al 5 % del peso seco de la materia.

Además, estas instalaciones se diseñarán, equiparán, construirán y explotarán de modo que la temperatura de los gases derivados de la incineración de residuos se eleve, tras la última inyección de aire de combustión, de manera controlada y homogénea, e incluso en las condiciones más desfavorables, hasta, como mínimo, 850 °C, durante, al menos, dos segundos.

Todas las cámaras de combustión de la instalación estarán equipadas con al menos un quemador auxiliar, que se pondrá en marcha automáticamente cuando la temperatura de los gases de combustión, tras la última inyección de aire de combustión, descienda por debajo de las temperaturas establecidas en el apartado 2; asimismo, se utilizará dicho quemador durante las operaciones de puesta en marcha y parada de la instalación a fin de que dichas temperaturas se mantengan en todo momento durante estas operaciones mientras haya residuos no incinerados en la cámara de combustión. Aunque este quemador auxiliar no podrá alimentarse con combustibles que puedan causar emisiones mayores que las producidas por la quema de gasóleo.

Asimismo, obliga a que el calor generado por las instalaciones de incineración de residuos o las instalaciones de coincineración de residuos se recupere en la medida en que sea viable. Y a reducir al mínimo la cantidad y la nocividad de los residuos producidos tras el proceso de incineración, y a reciclarlos en la medida de lo posible, directamente en la instalación o fuera de ella.

También fija valores límite de emisión de contaminantes gaseosos y líquidos, que deberán ser aplicados y respetados, sin perjuicio de las obligaciones establecidas en la legislación sobre residuos, contaminación atmosférica, aguas, costas, y prevención y control integrados de la contaminación.

En cuanto al control de las emisiones, los valores límite de emisión para las emisiones a la atmósfera no pueden superar los límites establecidos en las partes 3 y 4 del Anexo VI, o tienen que fijarse con arreglo a la parte 4 de este mismo anexo. Estos valores límite de las emisiones atmosféricas se refieren a los metales pesados, las partículas totales, las dioxinas y furanos, el monóxido de carbono (CO), las cenizas, el carbono orgánico total (COT), el cloruro de hidrógeno (HCI), el fluoruro de hidrógeno (HF), el dióxido de azufre (SO_2), el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO_2). En la parte 5 del anexo VI se fijan los valores límite de emisión de contaminantes en los vertidos de aguas residuales procedentes de la depuración de gases residuoales.

Asimismo, fija como se debe realizar la monitorización de las emisiones, las condiciones que deben cumplir los aparatos de medición de emisiones a la atmósfera y al agua, la periodicidad y las condiciones de las emisiones. Así, se realizarán mediciones continuas de NO_x, CO, partículas totales, COT (Carbono Orgánico Total), HCl, HF, SO_2, temperatura, concentración de oxígeno, presión y contenido de vapor de agua de los gases residuales. También se realizarán al menos dos mediciones anuales de metales pesados, dioxinas y furanos si bien, durante los 12 primeros meses de funcionamiento, se realizará una medición al menos cada tres meses.

Por lo menos una vez cuando se ponga en servicio la instalación y en las condiciones más desfavorables de funcionamiento que se puedan prever, se verificarán adecuadamente el tiempo de permanencia, la temperatura mínima y el contenido de oxígeno de los gases de escape.

En la entrega y recepción de los residuos, el titular de la instalación tomará todas las precauciones necesarias con respecto a la entrega y recepción de residuos para impedir o, cuando ello no sea viable, limitar en la medida de lo posible la contaminación de la atmósfera, el suelo y las aguas superficiales y subterráneas, así como otros efectos negativos en el medio ambiente, los olores y ruidos, y los riesgos directos para la salud

humana. Además, antes de aceptarlos se debe determinar la masa de cada tipo de residuos, y cuando se trate de residuos peligrosos se les obliga a conocer las informaciones administrativas sobre el proceso generador, la composición física y química de los residuos peligrosos y los riesgos inherentes a esos residuos, para poder determinar que se cumplen los requisitos establecidos en la autorización de la instalación. Esta información la obtendrá mediante la documentación que debe acompañar a todo residuo peligroso y con muestreos representativos.

B) Permisos.

Otro punto que se desarrolla es la obligación de todas las instalaciones de incineración o coincineración de disponer del permiso correspondiente, que será concedido por la autoridad competente. El permiso que se otorgue a la instalación debe enumerar las categorías y cantidades de residuos peligrosos y no peligrosos que pueden tratarse; la capacidad de incineración o de coincineración de la instalación; los valores límita para las emisiones a la atmósfera y las aguas; los requisitos de pH, temperatura y caudal de los vertidos residuales; los procemientos de muestro y medición y las frecuencias que deben utilizarse para cumplir las condiciones establecidas para la monitorización de emisiones; y el peridodo máximo permitido de las interrupciones, desajustes o fallos técnicamente inevitables de los dispositivos de depuración o de medición, durante los cuales las emisiones a la atmósfera y los vertidos de aguas residuales puedan superar los valores límite de emisión previstos. Además, en el caso de incinerar residuos peligrosos se determinarán las cantidades de los distintos tipos de residuos peligrosos que se pueden incinerar, los flujos máximos y mínimos, sus valores caloríficos mínimos y máximos y su contenido máximo en sustancias contaminantes como PCB (policlorobifenilos), PCP (pentaclorofenol), cloro, flúor, azufre, metales pesados y otras sustancias contaminantes.

8.3 EL PROCESO DE INCINERACIÓN.

8.3.1 Introducción.

La palabra incinerar proviene de la palabra latina "incinerare" que significa transformar en cenizas. La quema de basuras es un proceso que se ha venido utilizando desde tiempos remotos para su eliminación, con ella se reducía de forma notable su volumen además de conseguir la estabilización de los compuestos fermentables. En Europa la incineración de residuos comenzó hace más de 120 años, instalándose numerosos hornos incineradores en EE.UU. en la década de los años 20.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la incineración dejó de emplearse al disminuir el contenido energético de la basura. Con el tiempo volvió a recobrar su interés a medida que los residuos incrementaban su poder calorífico y se mejoraban las técnicas de combustión y depuración de gases. A finales de los años 80, se dio el impulso definitivo gracias a las innovaciones en los procesos de combustión, control y tratamiento de gases.

La incineración es un proceso de combustión controlada que transforma los residuos, gracias a la fracción combustible de los mismos, en materiales inertes, cenizas y gases. Su objetivo básico consiste en destruir térmicamente los contaminantes y valorizar energéticamente los residuos combustibles. Con ella se consigue una reducción del volumen de la basura de hasta un 90 % y del 75% en peso.

Para conseguir la oxidación total de los residuos, se emplea una atmósfera con exceso de aire a temperaturas superiores a 850ºC o a 1100 ºC (en función del tipo de residuo que se incinere), durante un tiempo superior a dos segundos. Además, en este proceso de combustión hay que tener en cuenta que el combustible (residuos) y el comburente (oxigeno del aire), deben encontrarse en las proporciones adecuadas.

Este proceso se puede realizar en hornos con aprovechamiento o no de la energía producida, en cuyo caso se habla de valorización energética.

Los residuos que se tratan en las plantas de incineración son de diversos tipos, siendo mayoritariamente Residuos Sólidos Urbanos procedentes de la "bolsa de restos" o la fracción no reciclable de los residuos que se origina como rechazo en la plantas de clasificación, comúnmente denominada RDF (Refuse Derived Fuel).

Actualmente, la incineración se utiliza mayoritariamente en muchos países europeos (Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Suecia, Suiza...) como proceso de tratamiento y eliminación de residuos sólidos.

8.3.2 Etapas del Proceso.

La incineración es un proceso complejo diseñado en varias etapas para poder eliminar y valorizar energéticamente los residuos con todas las garantías.

Existe una amplia variedad de tecnologías de incineración, pero en todas se pueden observar las alimentaciones de aire, residuos, refrigeración y combustible auxiliar, así como el enfriamiento, filtrado y análisis de gases y cenizas resultantes. Y en todas ellas el horno siempre es la unidad principal. Las instalaciones se pueden clasificar según distintos criterios:

Las instalaciones se pueden clasificar según distintos criterios:

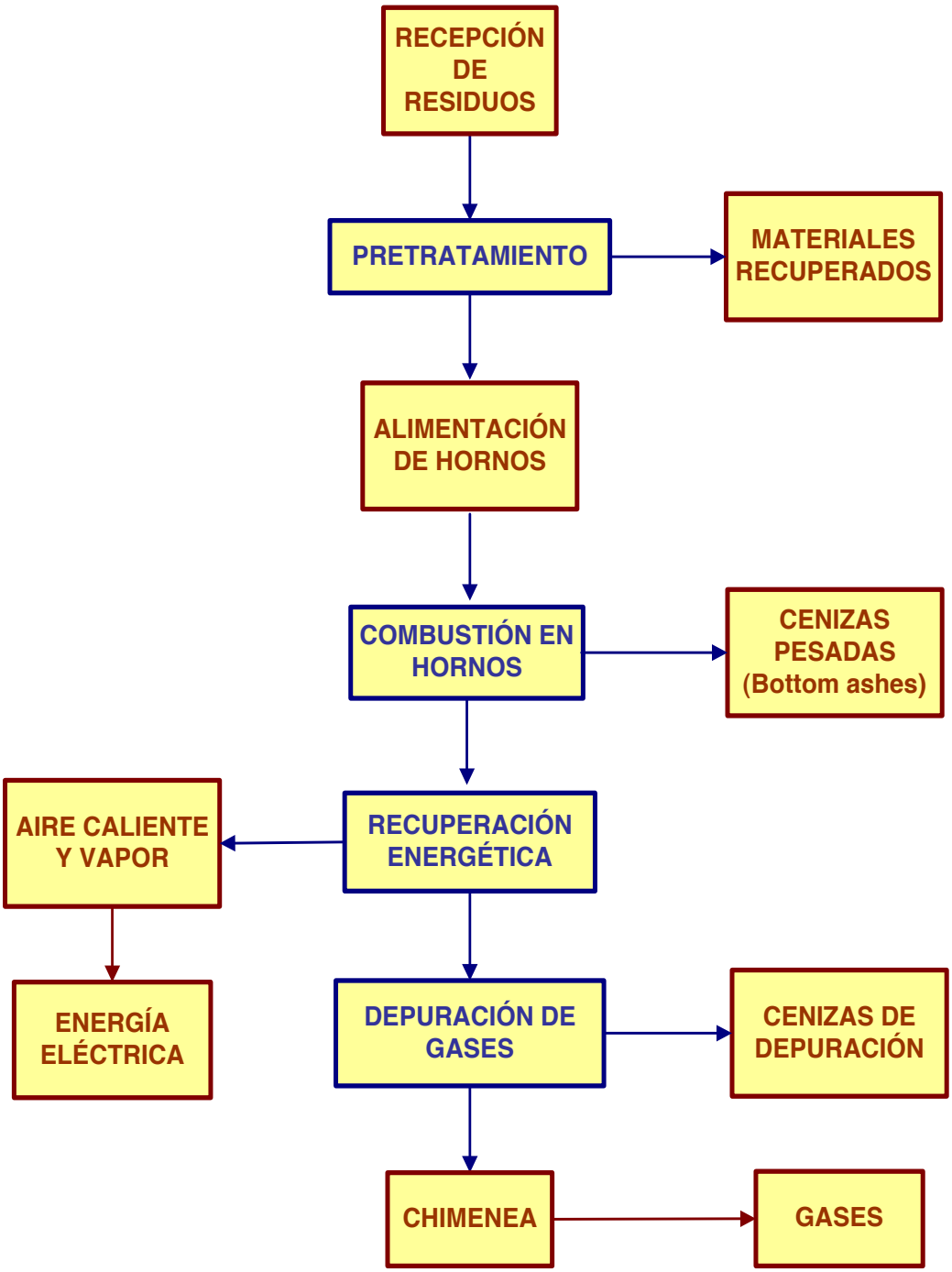
- Según el régimen de funcionamiento: continuas o discontinuas.
- Según el tipo de residuos que traten (estado físico, características químicas, características de peligrosidad…)
- Según la capacidad de tratamiento: desde las pequeñas de menos de 50 t/día, hasta las grandes con capacidad de más de 100 t/día.

Todos estos factores definirán los parámetros de diseño: temperatura, tiempo de retención y turbulencia, para seleccionar el tipo de horno más adecuado.

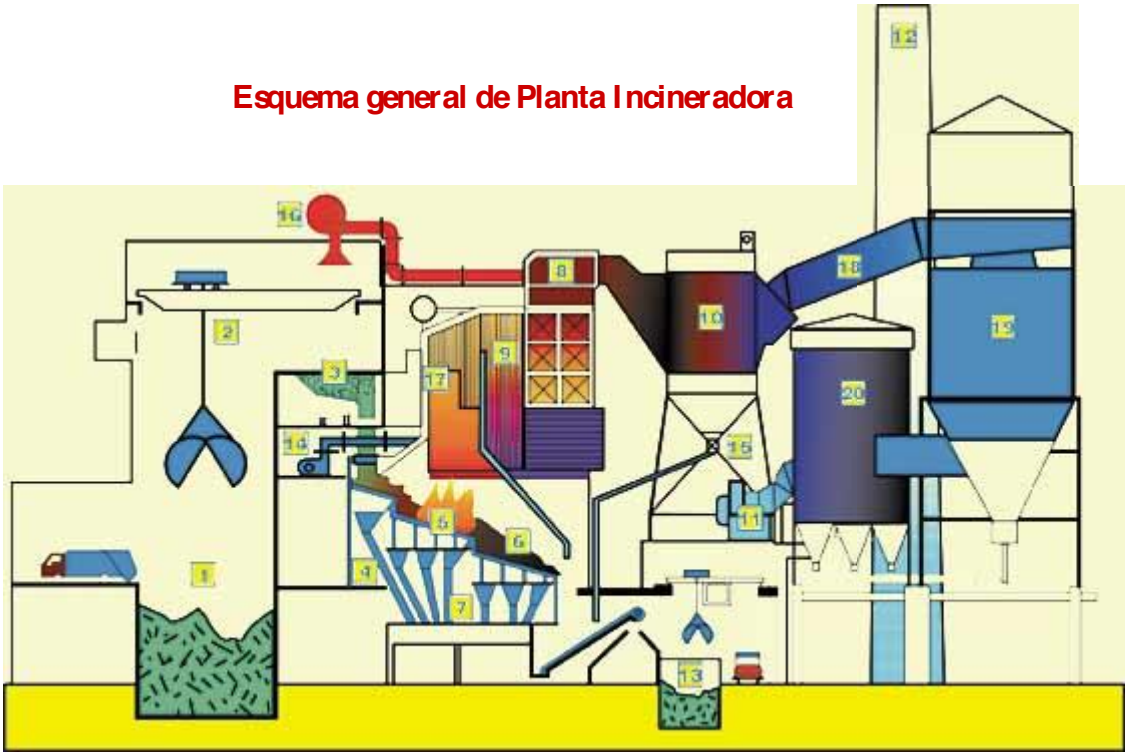
El proceso que siguen estas plantas se puede dividir en las siguientes partes:

- Recepción y preparación de los residuos.
- Alimentación de los hornos
- Combustión de los residuos en los hornos.
- Sistema de recuperación de energía.
- Tratamiento de los gases, efluentes líquidos y residuos sólidos (cenizas y escorias) generados.

El esquema del proceso que siguen las plantas de incineración es el siguiente:


RECEPCIÓN DE RESIDUOS
PRETRATAMIENTO
MATERIALES RECUPERADOS
ALIMENTACIÓN DE HORNOS
COMBUSTIÓN EN HORNOS
CENIZAS PESADAS (Bottom ashes)
AIRE CALIENTE Y VAPOR
RECUPERACIÓN ENERGÉTICA
ENERGÍA ELÉCTRICA
DEPURACIÓN DE GASES
CENIZAS DE DEPURACIÓN
CHIMENEA
GASES

Esquema general de Planta Incineradora



1.- Foso.

2.- Puente grúa.

3.- Distribuidor vibratorio.

4.- Parrilla principal de secado.

5.- Parrilla principal.

6.- Parrilla final.

7.- Aire primario.

8.- Pre-calentador.

9.- Caldera.

10.- Filtro electrostático.

11.- Ventilador.

12.- Chimenea.

13.- Foso de escorias.

14.- Ventilador secundario.

15.- Transportador de cenizas.

16.- Ventilador de aire de combustión.

17.- Quemador de gas natural.

18.- Conducto de entrada al reactor.

19.- Reactor.

20.- Filtro.

A continuación, se presenta una explicación detallada de estas fases.

A) Recepción y preparación de los residuos.

Los residuos llegan a las plantas de incineración transportados en camiones, cuya carga se registra a la entrada mediante básculas de control. Estos residuos se descargan en los respectivos fosos, donde se almacenan de acuerdo con sus características, para posibilitar la preparación de una mezcla de alimentación al horno lo más homogénea posible. De esta forma, se podrá facilitar el que no varíen sus condiciones de funcionamiento y, por tanto, el que la incineración se realice correctamente.

Previamente pueden precisar de alguna clase de preparación. Fundamentalmente, las operaciones que se realizan suelen consistir, entre otras, en una trituración para facilitar la entrada en el horno, habida cuenta de las dimensiones de éste, o bien para favorecer su combustión. También pueden consistir en calentamientos, caso de residuos que fluidifiquen en esas condiciones, con el objeto de optimizar su contacto térmico y con el oxígeno.

Los residuos que se descargan en el foso se introducen posteriormente en las tolvas de alimentación al horno.

La plataforma de maniobra, foso, puentes grúas y tolvas de alimentación de los hornos, se encuentran en una nave cerrada de donde se extrae el aire para la combustión de los residuos. De esta forma se mantiene una ligera depresión que evita la salida de olores y polvo del exterior. Además, este aire previamente calentado, se introduce, en su caso, por debajo de las parrillas favoreciéndose así la combustión.

Foso de almacenamiento.

B) Alimentación de los hornos.

La gestión del residuo en el foso y la alimentación de las líneas de incineración se realiza mediante puentes grúas. Pueden estar equipadas con células de pesada, para controlar la carga de los hornos, y de automatismos, que permiten realizar de forma automática el recorrido hasta la posición de descarga.

El puente grúa descarga los residuos en las tolvas de cada línea de incineración y, a continuación, la carga se dirige al alimentador hidráulico del horno que regula el flujo de residuos.

Posteriormente, los residuos se introducen en el interior del horno por medio de un empujador o de un tornillo sin fin.

C) Sistema de combustión.

En la siguiente fase del proceso, los residuos antes de pasar al horno se precalientan mediante un intercambiador de calor utilizando para ello el aire caliente de la combustión. Así se logra una optimización energética del proceso de combustión. Lo mismo se hará con el aire y el agua de la caldera.

Los hornos de incineración de residuos han de garantizar una permanencia de los gases a una temperatura superior a 850º durante al menos 2 segundos, para garantizar la destrucción de cualquier producto de combustión incompleta. Para asegurar esto, a veces se utilizan quemadores auxiliares o cámaras de postcombustión, así como la recirculación de los gases de combustión junto con el aire primario.

Entre los diferentes tipos de hornos de combustión se encuentran los siguientes:

- **Horno de parrillas:**

Ha sido el tipo de horno más empleado hasta hace pocos años. Se emplea fundamentalmente para RSU por su gran capacidad de tratamiento. Los residuos se hacen circular por un tren de parrillas de material refractario expuestos a la acción del aire de combustión. En la primera parrilla las basuras se secan, en la segunda se produce la combustión principal y en la tercera se acaba de incinerar aquellas materias que no lo han hecho todavía.

Al final del recorrido del tren de parrillas se recogen las escorias que proceden de los residuos incinerados. Este tipo de hornos, que permite una gran capacidad de carga en el tiempo, pueden ser horizontales o inclinados, fijos o móviles.

Los más utilizados y experimentados, son los hornos de parrillas móviles, que permiten capacidades de hasta 50 Tm/h de residuos. En este tipo de hornos, el avance del residuo se produce con un movimiento mecánico de determinadas partes de la parrilla del fondo del horno, a través del cual se introduce el aire primario necesario para la combustión. El movimiento oscilante o rotativo (si son de rodillos) de las secciones en los que las parrillas están divididas, hace que la humedad que pueda llevar el combustible se elimine al quedar expuesto al calor de la cámara de combustión. Posteriormente continua descendiendo por la parrilla y se produce la combustión y, por último, se descarga mediante un sistema de eliminación de cenizas con tornillos sin fin o transportadores de paleta.

Entre ellos se puede distinguir a su vez entre:

- Parrillas con alimentación hacia delante (de vigas longitudinales, de gradas transversales o de rodillos).
- Parrillas con alimentación en retroceso (de movimiento solidario de las gradas o de movimiento independiente por zonas longitudinales).

Entre las ventajas que presenta este sistema se encuentra la no necesidad de separación o trituración previa del residuo, la amplia flexibilidad frente a cambios en el poder calorífico del residuo y su alta eficiencia térmica (alrededor del 85 %). Sus mayores inconvenientes son la no idoneidad para el tratamiento de residuos líquidos, la necesidad de temperaturas de operación altas (por lo que el riesgo de formación de óxidos de nitrógeno es mayor), y los problemas de operación cuando se trabaja por debajo de la capacidad del horno.

- **Horno de lecho fluidizado:**

Ésta es la técnica de incineración desarrollada más recientemente, siendo también aplicable a pequeñas cargas de residuos sólidos. En este tipo de hornos es imprescindible un pretratamiento de la carga.

El horno contiene un lecho que se mantiene en suspensión gracias a una fuerte corriente de aire caliente ascendente. La agitación del lecho y la elevada superficie de contacto entre las partículas proporcionan una temperatura homogénea. Los residuos al entrar se comportan como si flotaran en el lecho fluido, hundiéndose lentamente a medida que ganan densidad como consecuencia de su combustión. Las cenizas pesadas se separan y se recogen al pie del horno.

De esta forma, se logra que los lechos fluidizados presenten las siguientes ventajas frente a otros sistemas:

- Se mejora la reactividad de los residuos, gracias a la mezcla que se logra en el lecho, pudiéndose alcanzar rápidamente los valores de la temperatura de operación.
- Son poco sensibles a las variaciones en el poder calorífico de los residuos de entrada, por lo que permite incinerar gran variedad de tipos residuos.
- Se obtiene un rendimiento energético elevado al no necesitar un gran exceso de aire.
- Las escorias tienen una fracción de inquemados pequeña (<0,5%).
- Se logra un buen control del proceso y fácil mantenimiento.

Horno de lecho fluidizado.

Entre las desventajas que presenta, se encuentran su mayor consumo de energía, la exigencia de un tamaño y composición del residuo determinados para lo cual se requiere una etapa de pretratamiento donde se produce una separación previa de aluminio y acero, los mayores costes de inversión y la menor capacidad, aunque ya se están construyendo hornos de mayor capacidad.

Los tipos de hornos de lecho fluidizado dependen de la velocidad de fluidización y de presión de operación, encontrándose los siguientes:

- Según la velocidad de fluidización, pueden ser de lecho fluido burbujeante o de lecho fluido circulante.
- Según la presión de operación, se dividen en lecho fluido atmosférico o lecho fluido a presión.

- **Horno rotatorio:**

Es muy versátil ya que se pueden emplear tanto para Residuos Sólidos Urbanos, como para Residuos Tóxicos y Peligrosos, y Residuos Industriales, al permitir la introducción de residuos líquidos y pastosos.

El horno es un cilindro horizontal que gira sobre su eje, permitiendo controlar más adecuadamente la permanencia de los residuos en el horno para así garantizar mejor su combustión. Además, puede presentarse combinado con una incineración en parrillas previa cuyos productos entran al horno rotatorio.

Además del horno, para evitar la formación de productos tóxicos secundarios, la incineración se lleva a cabo en dos fases más:

- **Cámara de oxidación:** se halla situada inmediatamente a continuación del horno y su misión es la de inyectar la cantidad de aire adicional que exige la ley para asegurar la oxidación de toda la materia orgánica. Al producirse la combustión de la mayoría de los gases, la temperatura de trabajo aumenta.
- **Cámara de postcombustión:** tiene la misión de asegurar que los gases procedentes del horno permanezcan en esta cámara el tiempo de residencia preciso, a una temperatura suficiente para garantizar la destrucción térmica de los compuestos secundarios de combustión incompleta formados.

Para asegurar esta destrucción térmica, además de la cámara de postcombustión, también se pueden emplear quemadores auxiliares o la recirculación de los gases de combustión junto con el aire primario.

Esto se debe a que, según la legislación, los hornos de incineración de residuos han de garantizar una permanencia de los gases a una temperatura superior a 850 ºC (1.100 ºC para residuos peligrosos con un contenido de sustancias organohalogenadas superior al 1%) durante al menos 2 segundos para garantizar la destrucción de los compuestos secundarios generados. Además, es indispensable operar con exceso de aire (contenido de oxígeno mayor del 6%) para asegurar la combustión completa. La formación de óxidos de nitrógeno también se reduce al controlar la temperatura de la cámara.

Planta de incineración.

D) Recuperación de energía.

Los sistemas de recuperación de energía que se utilizan habitualmente son calderas de agua caliente o de vapor (a baja presión o alta presión). Las calderas de agua caliente se utilizan fundamentalmente para calefacción de edificios, mientras que las calderas de vapor se emplean para obtener energía eléctrica mediante turbogeneradores. Para poder obtener esta agua caliente o vapor, se hacen pasar los gases calientes que salen de la caldera por el exterior de los tubos del intercambiador de calor. Por el interior del mismo circula agua que se calienta por efecto de los gases de combustión, obteniéndose así el agua caliente o el vapor según las necesidades.

A su vez, este vapor se conduce por un colector de alta presión desde la caldera a la turbina de vapor. Aquí, al circular el vapor a alta presión dentro de la misma, provoca el moviendo de la turbina y el del alternador que está unido solidariamente a ella. El giro de dicho alternador induce la generación de energía eléctrica, cerrándose así el proceso de valorización energética de los residuos.

Tras pasar la turbina, el vapor de agua (ya a menor presión) se conduce a un aerocondensador donde se enfría para poder condensarlo en forma de agua líquida. Este fluido vuelve de nuevo al intercambiador de calor de la caldera para volver a sufrir el mismo proceso de variación de la presión y la temperatura.

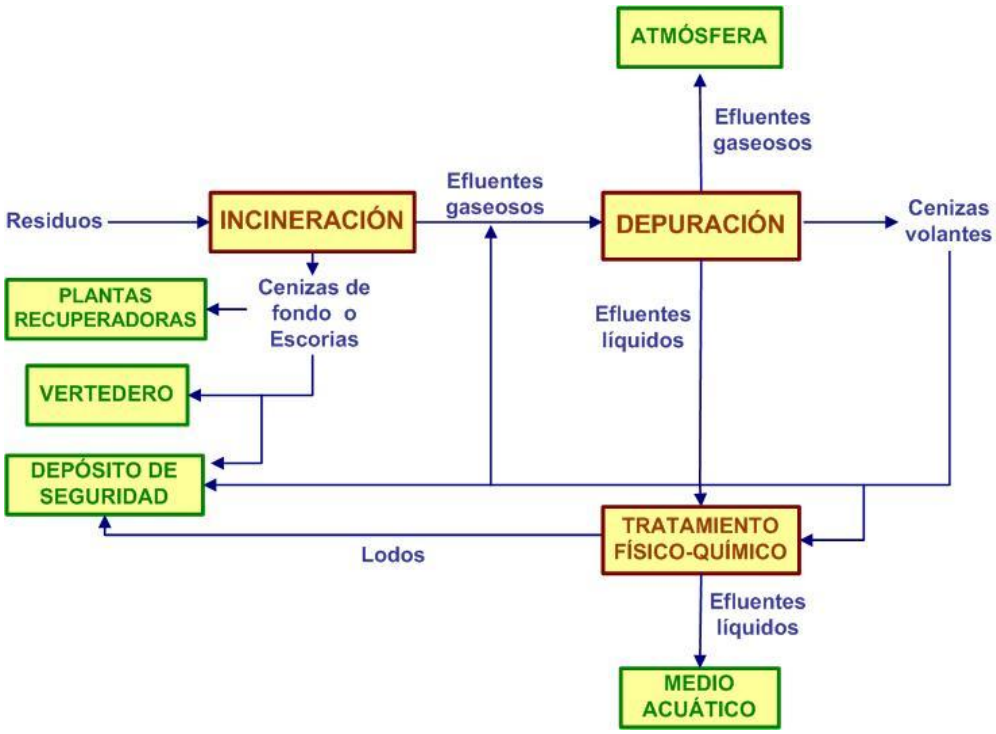
En ocasiones la turbina de vapor se combina con turbinas de gas para mejorar el rendimiento energético de la planta. Además, pueden existir otros elementos en el proceso como el desgasificador o el equipo desmineralizador de agua.

Además, existen otras tecnologías como son:

- Hornos eléctricos de alta temperatura.
- Arco de plasma.
- Lecho de cristal fundido.
- Lecho de sales fundidas.

E) Productos generados en el proceso de combustión.

A lo largo de todo el proceso de incineración se generan una serie de subproductos que siguen el siguiente esquema:



F) Depuración de los gases de combustión.

Los gases que salen del sistema de recuperación de energía pueden llevar diferentes contaminantes que es necesario eliminar antes de proceder a su emisión a la atmósfera.

Entre estos compuestos se encuentran:

- Partículas sólidas en suspensión o cenizas volantes. En ellas se concentran metales pesados y sobre su superficie están adsorbidas sustancias de tipo orgánico procedentes de la combustión incompleta.
- Monóxido de carbono procedente de combustiones incompletas.
- Gases ácidos como HCl, HF, SO_2 y NO_x.
- Hidrocarburos inquemados y otros productos de combustión incompleta. Estos junto a los gases ácidos y por medio de la catálisis que proporcionan los metales pesados en las cenizas volantes, pueden producir dioxinas y furanos.
- Metales pesados: Cu, Cr, Cd, As, Hg, etc.

Para reducir la emisión de estos contaminantes se adoptan medidas primarias y secundarias. Las **medidas primarias** constituyen todas aquellas medidas orientadas a prevenir y evitar la formación de contaminantes y se basa en conseguir un proceso de combustión eficiente, entre las que se puede citar el diseño del horno para una buena combustión, turbulencia para la buena mezcla del aire de combustión, tiempo de permanencia, aporte de oxigeno, temperatura, etc.; mientras que las medidas secundarias son aquellas que, una vez que se ha producido el contaminante, tratan de reducirlo.

Entre las **medidas secundarias** se encuentran las siguientes:

- En primer lugar, los gases atraviesan unos *ciclones* en los que se depositan las cenizas más gruesas.
- A continuación se puede producir la primera inyección de *carbón activo* para la reducción de dioxinas, furanos y metales pesados.
- Tras ella los gases llegan a un filtro donde se eliminan los compuestos ácidos. La manera de eliminarlos es que interaccionen con una *lechada de cal* en estado líquido o semisólido. Esto se puede lograr pasando la corriente de gases por un sistema de duchas, que pulverizan la solución de cal. Otra opción es burbujear la corriente a través de la solución. El sistema elegido será el que proporcione el mayor contacto entre los gases y la solución de cal, de forma que se garantice la adecuada neutralización de los gases ácidos procedentes de la combustión.

- Posteriormente, son sometidos a una segunda inyección de *carbón activo* finamente pulverizado y que adsorberá sobre su superficie los compuestos orgánicos que los procesos anteriores no hayan sido capaces de retener.
- Además, se retienen todas las cenizas y partículas generadas mediante la utilización de *filtros de mangas, electrofiltros y ciclones*.

Ejemplo de depuración de gases.

A continuación, se describen en detalle los procesos de depuración de los gases de salida:

Partículas

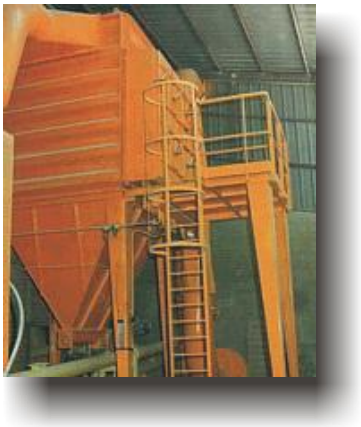
Forman parte de estos sólidos las cenizas volantes y los finos arrastrados en el horno, los componentes condensados, y los reactivos y productos de reacción formados como consecuencia de los compuestos empleados en equipos de depuración para otros contaminantes. La propia caldera de recuperación constituye un elemento de eliminación de partículas que, complementado con otros filtros, limita las emisiones a valores inferiores a 10 mg/Nm^3 pudiendo alcanzarse valores entre 10 y 100 veces menores de esta cifra.

Entre los filtros mas ampliamente utilizados para eliminar dichas partículas se encuentran el precipitador electrostático, el filtro de mangas o los ciclones.

- El precipitador electrostático es uno de los más utilizados en las plantas incineradoras de residuos sólidos urbanos, por ser bastante efectivo aunque presenta un elevado consumo de electricidad. Se hace pasar la corriente de gas a

través de unas placas entre las que se establece una diferencia de potencial. Así se cargan eléctricamente las partículas para posteriormente ser atraídas en el electrodo positivo. Son muy eficaces, ya que eliminan la totalidad de las partículas mayores de 10 micras y la mayor parte de las menores de 2 micras.

- El filtro de mangas utiliza tejidos de especial resistencia a la erosión, al ataque químico y a las altas temperaturas. Este tejido dispuesto en forma de cilindros paralelos (mangas) proporciona una gran superficie de filtrado al mismo tiempo que una gran eficiencia en el filtrado. Su desventaja reside en la necesidad de realizar paradas periódicas para cambiarlas y en las posibles roturas de las mangas. La limpieza de mangas se realiza mediante inyección de aire comprimido, golpeo o vibración, recogiendo las cenizas y residuos de depuración en tolvas.



Filtro de mangas.

- Los ciclones eliminan las partículas al provocar un movimiento circular de la corriente gaseosa. De este modo, los elementos más densos (partículas) se separan de los gases por efecto de la fuerza centrífuga, cayéndose éstas al fondo. Se suelen usar antes que los precipitadotes ya que eliminan las partículas más gruesas (mayores de 15 micras).

Monóxido de carbono

Los sistemas de depuración de gases no incorporan equipos específicos para destruir este contaminante por lo que la mayor o menor concentración en los gases emitidos depende del comportamiento de la combustión. El comportamiento del horno y de la cámara de postcombustión son los que permiten que el monóxido de carbono no alcance los 50 mg/Nm^3.

Gases ácidos

Los componentes ácidos SO_2, HCl (compuestos inorgánicos con cloro) y HF (compuestos inorgánicos con fluor) se forman en el proceso de combustión a partir de los residuos introducidos. En consecuencia, las cantidades formadas dependen directamente de la composición de los residuos incinerados.

En el horno de combustión puede incorporarse carbonato cálcico y, con una buena mezcla en su interior y un tiempo de residencia suficientemente elevado, se logran retenciones del 90% para azufre y fluor, y del 50% para el cloro. Los productos formados son sólidos que abandonan el sistema formando parte de las escorias y de las cenizas en forma de sales cálcicas. La elección adecuada del proceso permite que HCl sea inferior a 10 mg/Nm^3, que HF sea menor que 2 mg/Nm^3 y que el SO_2 no supere los 50 mg/Nm^3.

Los óxidos de nitrógeno más comunes son el NO (representa el 90% de los NO_x) y el NO_2 (10%), generándose ambos durante el proceso de combustión a partir del nitrógeno del aire. Para evitar su generación se debe trabajar a temperaturas no muy elevadas en el horno, además de reducir la concentración de oxígeno en la cámara de combustión. Para eliminar el NO_x generado se puede añadir amoníaco (NH3) en presencia o no de catalizadores. Si la reacción es no catalítica se necesitan temperaturas próximas a los 900 ºC y si es catalítica bastaría con 300-400 ºC, o incluso menos, lográndose una reducción del 90% de los NO_x.

Su retención puede efectuarse de diferentes maneras, mediante sistemas húmedos, secos o semisecos.

- *Sistema húmedo:*

Adicionan agua, lechadas de cal o hidróxido sódico. Permite obtener rendimientos altos y bajos consumos de reactivos reteniendo incluso otros contaminantes (partículas, NO_X) pero se generan aguas de lavado que es preciso tratar antes de su vertido y los costes de inversión son más altos que en los otros sistemas.

- *Sistema seco:*

Introduce un neutralizador (lechada de cal o hidróxido cálcico en polvo) en la corriente de gases. Se caracteriza por un consumo alto de reactivos y la consecución de rendimientos medios, pero sus costes de inversión son reducidos y la necesidad de mantenimiento muy baja.

- *Sistema semiseco:*

Adicionan lechada de cal atomizada en el flujo gaseoso en una cantidad tal que se evapora toda el agua y se recoge un producto pulverulento. Disminuye el consumo de reactivos y permite alcanzar buenos rendimientos, aunque el coste de inversión es más alto que en el caso del sistema seco.

Sistema semiseco.

Dioxinas y furanos

Se generan cuando se produce la combustión de hidrocarburos en presencia de compuestos de cloro. La destrucción de estos contaminantes y también la de sus precursores se logra cuando la combustión es correcta y se mantienen la temperatura de postcombustión por encima de 850ºC (1100ºC en el caso de elevadas concentraciones) durante más de 2 segundos con una concentración de oxígeno superior al 6%.

Sin embargo, es posible encontrar estos contaminantes al final del sistema de depuración, debido a que se formen de nuevo. La síntesis de estas dioxinas *ex novo* se produce en un intervalo de temperatura comprendido entre 200ºC y 400ºC, cuando existe una fuente de carbono y partículas con contenido metálico, que actúan como catalizadores. Por ello es fundamental, para minimizar la formación *ex novo*, una combustión correcta y un descenso brusco de la temperatura de 400ºC a 200ºC para que el tiempo durante el cual los gases se encuentran dentro de este intervalo sea lo más pequeño posible.

Las técnicas de absorción sobre carbón activo y zeolitas son las que se suelen emplear para garantizar el cumplimiento estricto de la legislación sobre estas emisiones gaseosas. También se utilizan equipos de reducción catalítica selectiva (SCR), que

además de destruir las dioxinas y furanos generados, reducen los óxidos de nitrógeno. En ellos reacciona el amoniaco con estos compuestos de la corriente de gases.

El procedimiento de introducción de carbón activo en polvo en los gases de salida permite conseguir retenciones superiores al 90% siempre que el contacto sea suficientemente eficaz. También se retienen otros contaminantes, como los metales pesados, pero tiene el inconveniente del consumo continuo de un material costoso que pasa a formar parte de las cenizas volantes que se recogen en el último equipo de filtrado.

G) Emisión de los gases de combustión.

Cuando los gases han sido depurados pasan al ventilador de tiro, cuya función es impulsarlos, ya limpios de elementos contaminantes, a la chimenea para que a través de ella sean expedidos a la atmósfera. Este ventilador de tiro debe estar diseñado para mantener la depresión del horno.

La chimenea está formada por un conducto de acero en cuyo interior se puede ubicar de forma concéntrica y con cámara de aire, un segundo conducto de fibra de poliéster resistente a temperaturas de hasta 140 ºC a fin de evitar la corrosión en el acero. Dispone de conductos independientes para cada línea de incineración, plataformas de mantenimiento y puntos para la toma de muestras y análisis.

Chimenea de emisión de gases.

H) Residuos secundarios.

Entre los residuos que se generan en estos procesos de incineración se encuentran las cenizas de fondo o escorias recogidas a pie de horno, las cenizas y los efluentes líquidos de los procesos de depuración húmedos.

Las escorias silíceas a pie de horno, debido a su carácter inerte una vez separados los metales, se pueden utilizar para obra civil (base de carreteras...), en la restauración de áreas degradadas por actividades extractivas o depositar en vertederos de inertes. Por otra parte, las cenizas si contienen metales pesados deben recibir un tratamiento especial con el fin de inmovilizar estos elementos.

Cenizas de fondo o escorias.

Las escorias procedentes del fondo del horno están compuestas por impropios presentes en los residuos (fragmentos pétreos, cerámicas, inquemados, chatarra, vidrios y otros metales). Suponen el 20-25% del peso de los RU tratados en planta, pero tan sólo el 6% en volumen.

Las escorias caen, en continuo, a un depósito con nivel de agua constante para el apagado y enfriado de las brasas. También así se desprenden de productos de combustión incompleta que pudieran quedar adheridos a su superficie. Posteriormente, mediante un mecanismo hidráulico-rascador, se empujan por una rampa escurridora, de manera que a su salida salen húmedas pero no empapadas para evitar la generación de escorrentías.

Las escorias se depositan a continuación en un alimentador donde pueden ser separadas en diversas fracciones. Posteriormente, se separan las diversas fracciones: metales férricos, a través de un separador magnético, metales no férricos, mediante un separador de Foucault, y la fracción mineral.

Cenizas de depuración.

Las cenizas de depuración contienen todos los elementos contaminantes que se han separado de la corriente de gases (mediante electrofiltros, filtro de mangas y reactores de cal), generalmente en forma de sales, por lo que se les debe dar un tratamiento específico. Las cenizas pueden suponer un 2-3 % en peso y las de depuración de los gases un 3-5 % del peso total de residuos gestionados.

Estas cenizas pueden ser tratadas en la propia planta mediante un proceso de estabilización-solidificación. Para ello, se mezclan en las proporciones adecuadas de cemento y agua a fin de formar un mortero, en el que quedan fijados, por un proceso físico-químico los posibles contaminantes, evitando su arrastre por lavado. Posteriormente, este compuesto se traslada a un vertedero de seguridad.

Efluentes líquidos.

Además de las emisiones a la atmósfera y de los residuos sólidos, se generan diversos tipos de residuos líquidos. Dependiendo del tipo de residuos incinerados y de la tecnología empleada durante el proceso, los efluentes líquidos tendrán diferentes composiciones, que determinarán si es necesario o no realizar un tratamiento específico.

9. Análisis de los Datos

9.1 Datos a Nivel Nacional

9. ANÁLISIS DE DATOS.

9.1 DATOS A NIVEL NACIONAL.

Las cifras expuestas en este estudio, corresponden a aquellas toneladas de envases que no figuran en las bases de datos de **Ecoembes**, por tanto, las siguientes cifras se refieren a cantidades de envases de aluminio recuperadas en el año 2010 que no son importadas, ni provienen de las plantas de selección, ni de plantas de compost o recogida en masa.

9.1.1 Envases de aluminio clasificados de forma independiente.

Incluye la cantidad total de toneladas de envases de aluminio clasificadas como tal en las distintas plantas de recuperación.

Toneladas de envases de aluminio	2.938

9.1.2 Aluminio-cacharro.

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 se ha estimado dicho valor porcentual medio en el 13,6 %.

Toneladas de aluminio-cacharro	8.027

Aplicando el porcentaje estimado (13,6 %) a la cifra total de aluminio-cacharro se obtiene:

Toneladas de envases en aluminio-cacharro	1.092

En otras calidades de chatarra de aluminio también aparecen importantes cantidades de envases de aluminio, y en este estudio solo vamos a considerar las que están presentes en el aluminio-cacharro.

9.1.3 Cantidad total de envases de aluminio.

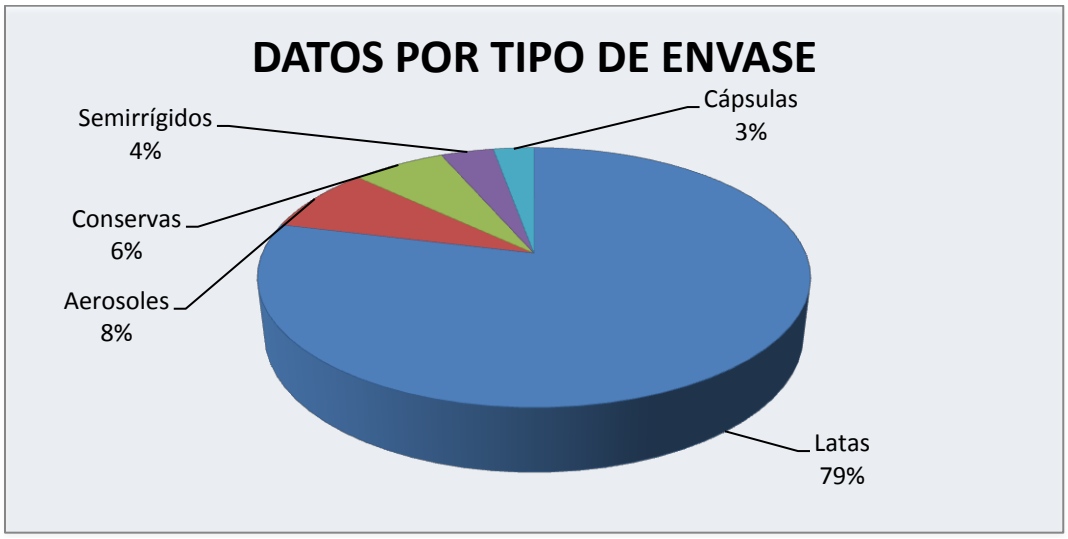
Incluye la cantidad total de envases de aluminio recuperadas (envases clasificados de forma independiente + porcentaje de envases incluidos en el aluminio-cacharro).

Total toneladas de envases de aluminio	4.030

9.1.4 Datos por tipo de envase.

Muestra la cantidad total de toneladas de envases de aluminio desglosada según los diferentes tipos de envases.

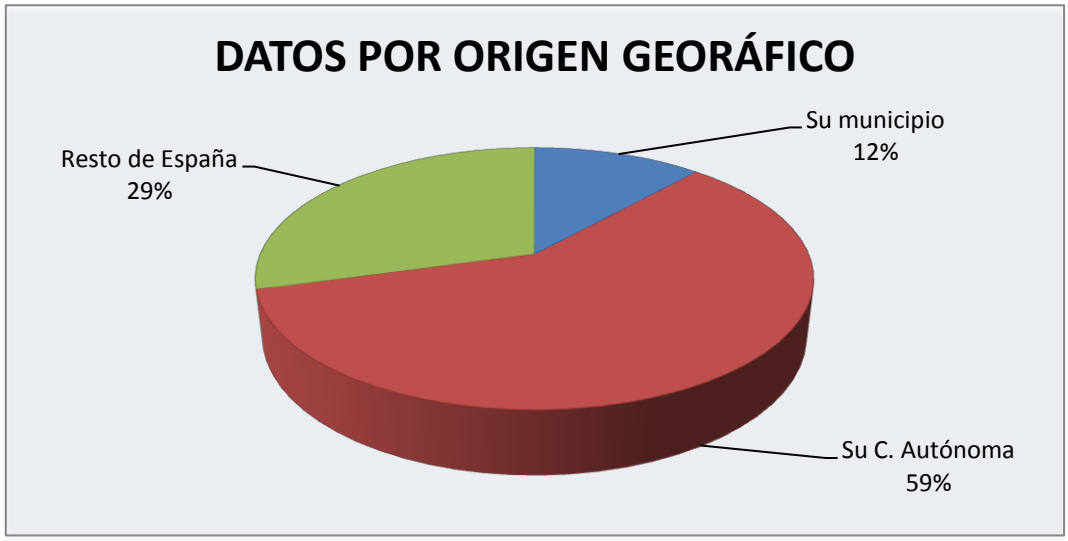
LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
3.176	329	262	149	114



9.1.5 Datos por origen geográfico.

Incluye los datos en toneladas de envases de aluminio diferenciando la zona geográfica donde los han obtenido los recuperadores.

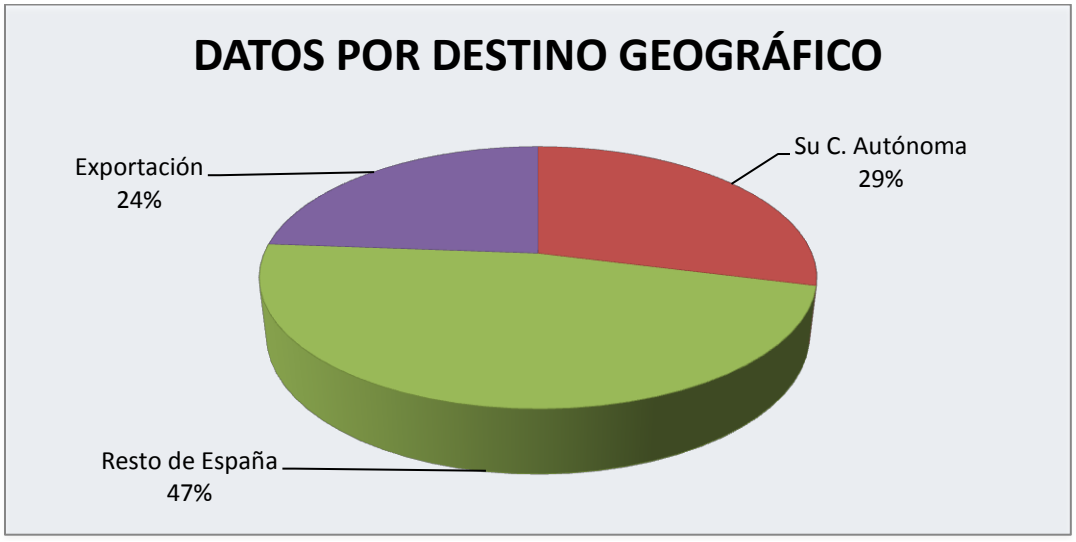
Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
471	2.379	1.180



9.1.6 Datos por destino geográfico.

Incluye los datos en toneladas de envases de aluminio en función del destino final de dicho material.

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
1.166	1.904	960



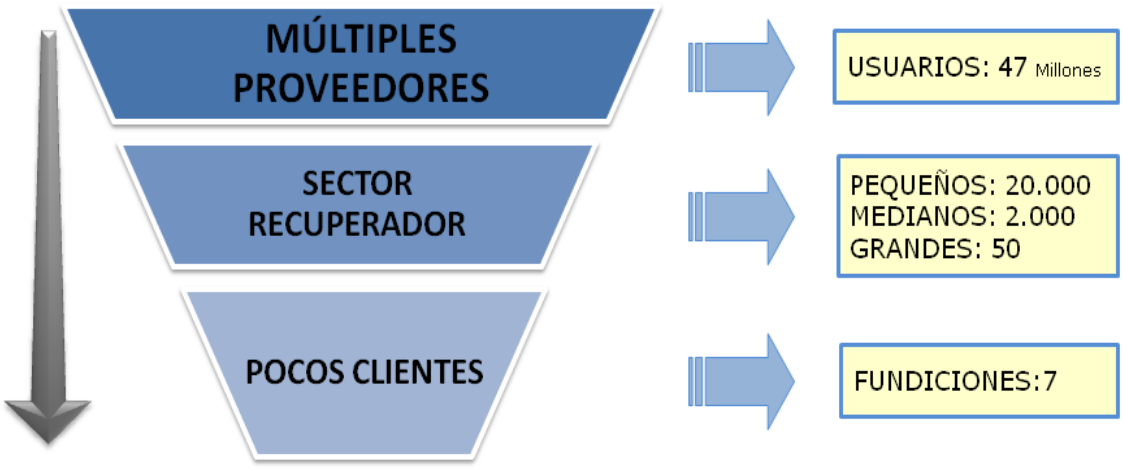
9.2 Datos por Comunidades Autónomas

9.2 DATOS POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS.

Antes de entrar en la exposición de las cantidades de aluminio recicladas con diferentes 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 residuos 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, un organigrama de flujo de "Pirámide Invertida", es decir, muchos productores de residuos, (toda la población) y pocos clientes finales (fundiciones/refinadores de aluminio), lo que se conoce como "logística inversa". En la siguiente figura se esquematiza esta situación:



Una vez fabricados los semiproductos correspondientes (a los que se alude en otro capítulo de este estudio), 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 día/año sin más justificación que las características del mercado; debe tenerse en cuenta 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, ya que el precio del aluminio, además, está indexado con las cotizaciones del London Metal Exchange (LME). 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.

9.2.1 Datos Comunidades Autónomas

Las siguientes cifras se refieren a cantidades de envases de aluminio recuperadas en el año 2010 en cada Comunidad Autónoma, que no son importadas, ni provienen de las plantas de selección, ni de plantas de compost o recogida en masa. En consecuencia las cifras expuestas en este estudio corresponden a aquellas toneladas de envases que no figuran en las bases de datos de **Ecoembes**.

Dentro de cada Comunidad Autónoma se desglosarán los siguientes apartados:

9.2.2 Cantidad total de envases de aluminio.

- La cantidad total de envases de aluminio recuperados (envases clasificados de forma independiente + porcentaje de envases incluidos en el aluminio cacharro) en cada Comunidad Autónoma.
- Gráfico que muestra el porcentaje de material recuperado por cada Comunidad Autónoma respecto del dato global a nivel nacional.

9.2.3 Datos por tipo de envase.

- Tabla con la cantidad total de toneladas de envases de aluminio recuperadas por cada Comunidad Autónoma en función de los diferentes tipos de envase.
- Gráfico porcentual que representa las cantidades incluidas en la tabla anterior**.**

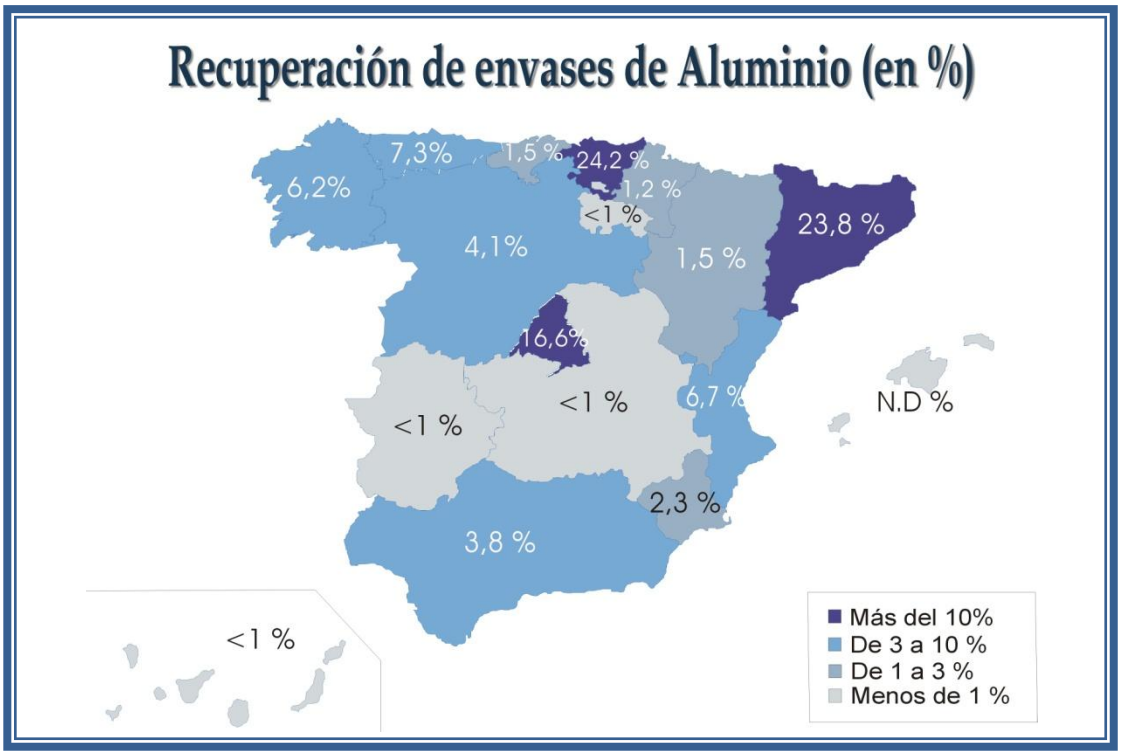
9.2.4 Datos por su origen geográfico.

- Tabla con la cantidad total de toneladas de envases de aluminio recuperadas por cada Comunidad Autónoma diferenciando la zona geográfica donde los han obtenido los recuperadores.
- Gráfico porcentual que representa las cantidades incluidas en la tabla anterior

9.2.5 Datos por su destino geográfico.

- Tabla con la cantidad total de toneladas de envases de aluminio recuperadas por cada Comunidad Autónoma en función del destino final de dicho material.
- Gráfico porcentual que representa las cantidades incluidas en la tabla anterior. Los porcentajes son aproximados al no procederse al redondeo de los mismos.

Como dato complementario, el siguiente mapa muestra el porcentaje de material recuperado en cada Comunidad Autónoma respecto del dato global a nivel nacional.

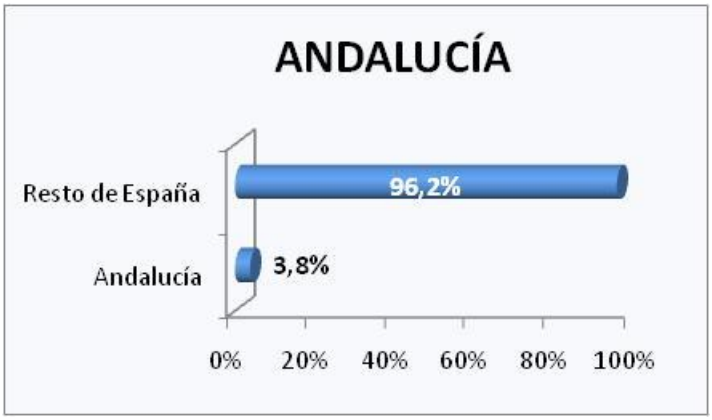


ANDALUCÍA

ANDALUCÍA

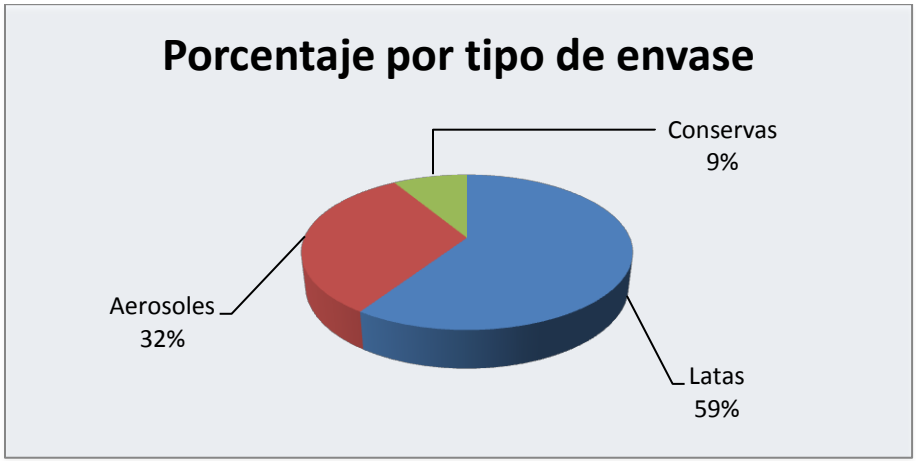
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	154



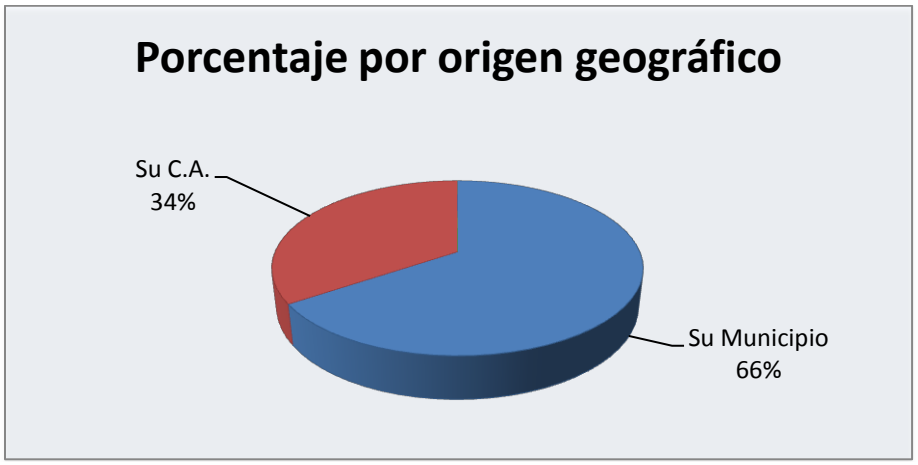
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
91	49	14	0	0



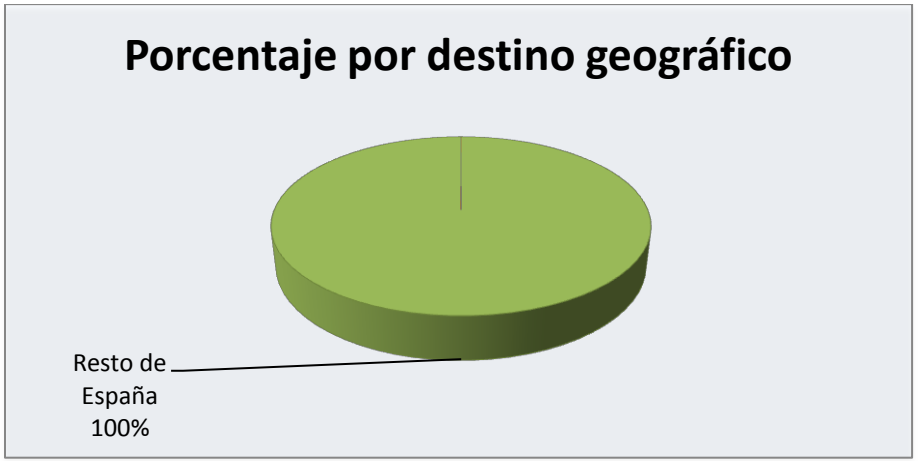
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
101	53	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	154	0

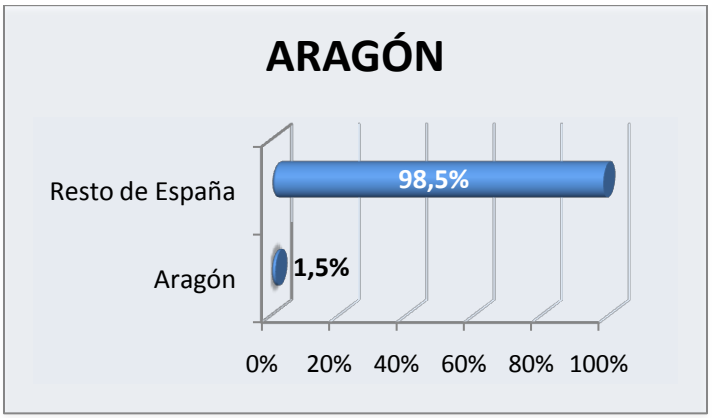


ARAGÓN

ARAGÓN

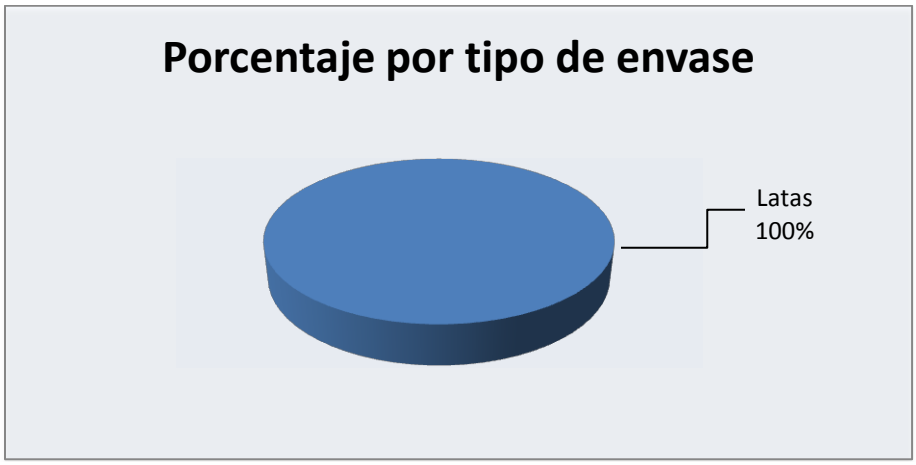
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	61



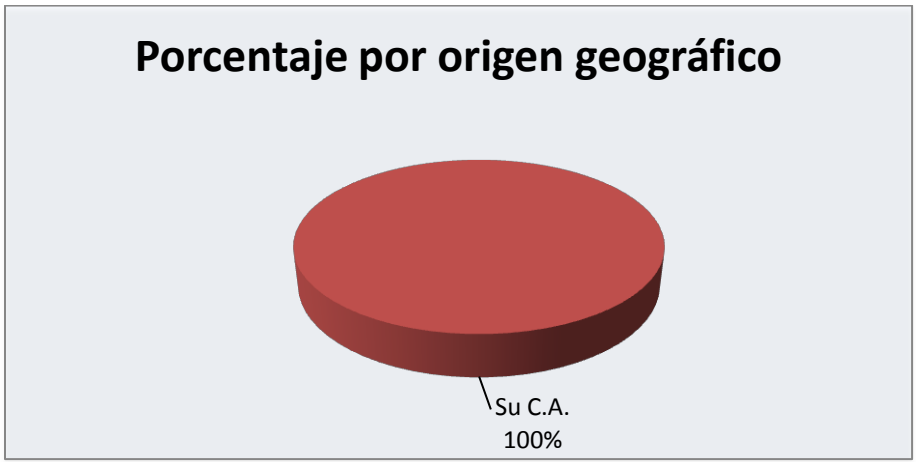
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
61	0	0	0	0



C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	61	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

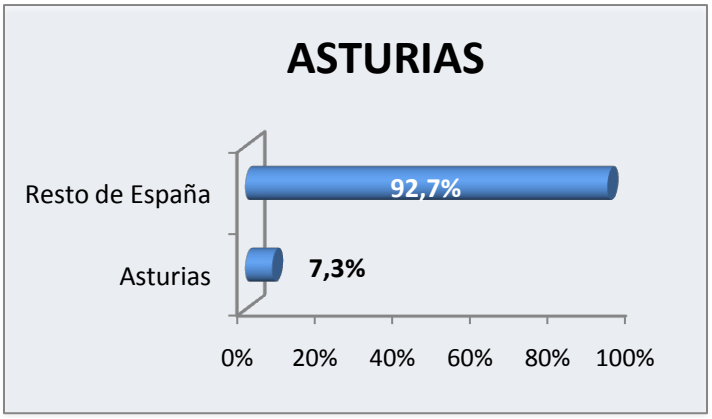
Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
60	1	0

PRINCIPADO DE ASTURIAS

ASTURIAS

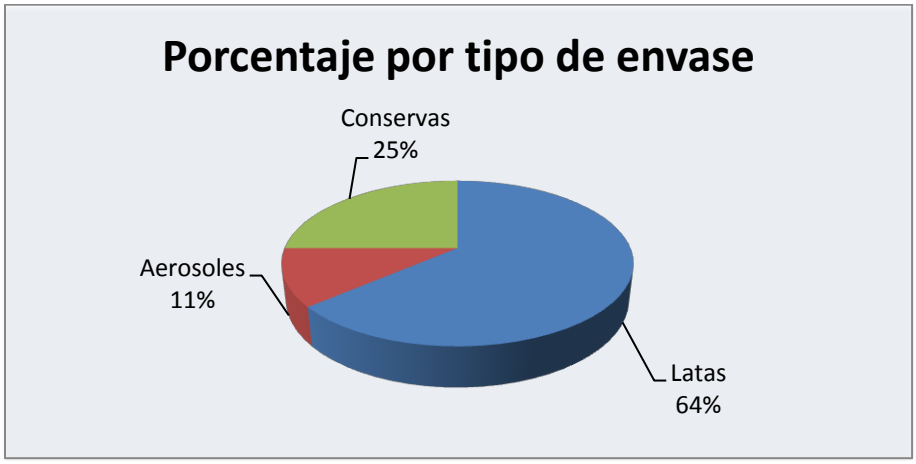
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	293



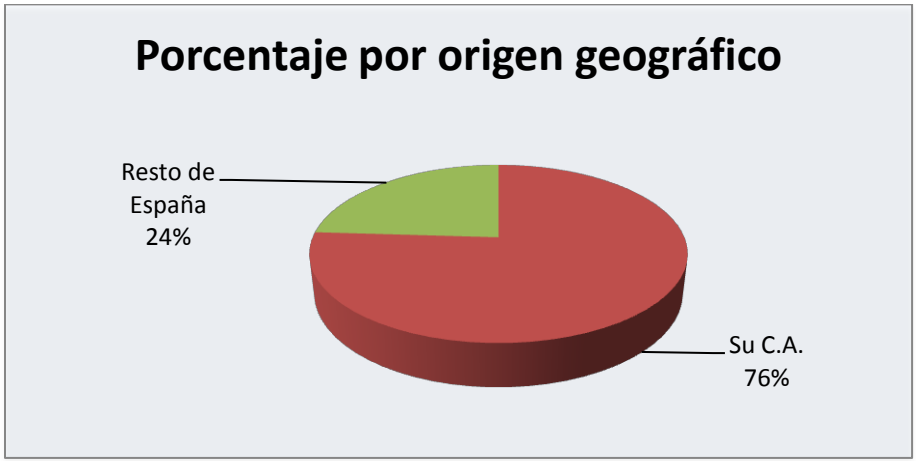
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
187	33	73	0	0



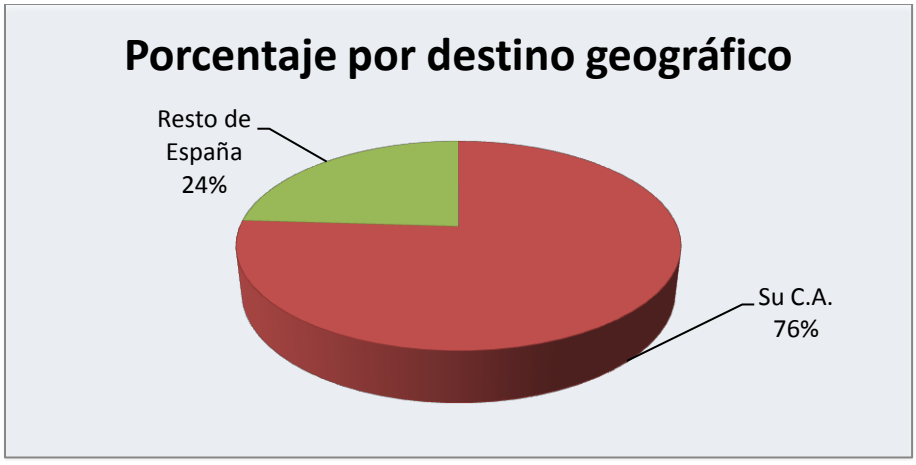
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	223	70



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
223	70	0

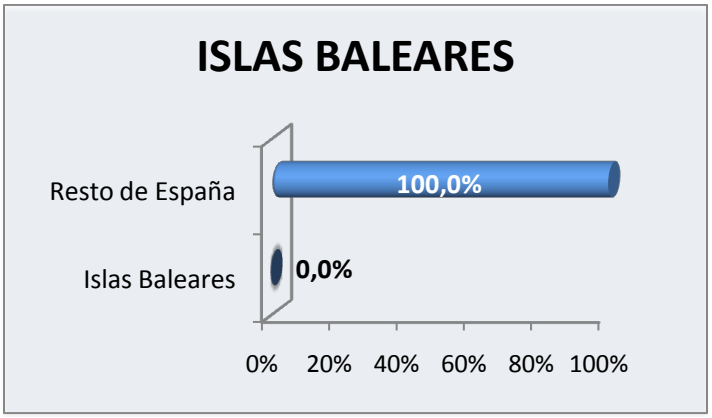


ISLAS BALEARES

ISLAS BALEARES

A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	N.D.



B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS

C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España

D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

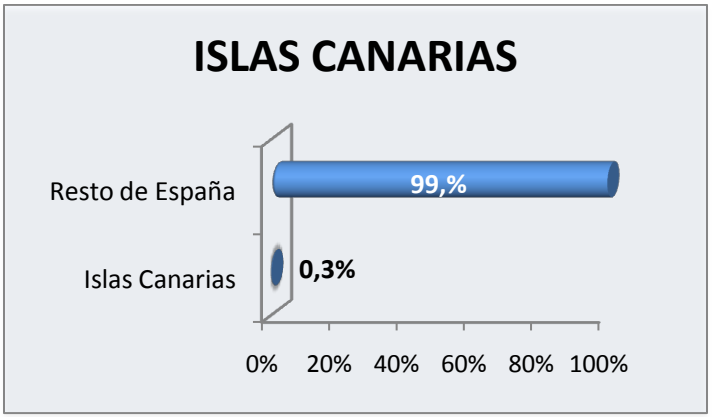
Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación

ISLAS CANARIAS

ISLAS CANARIAS

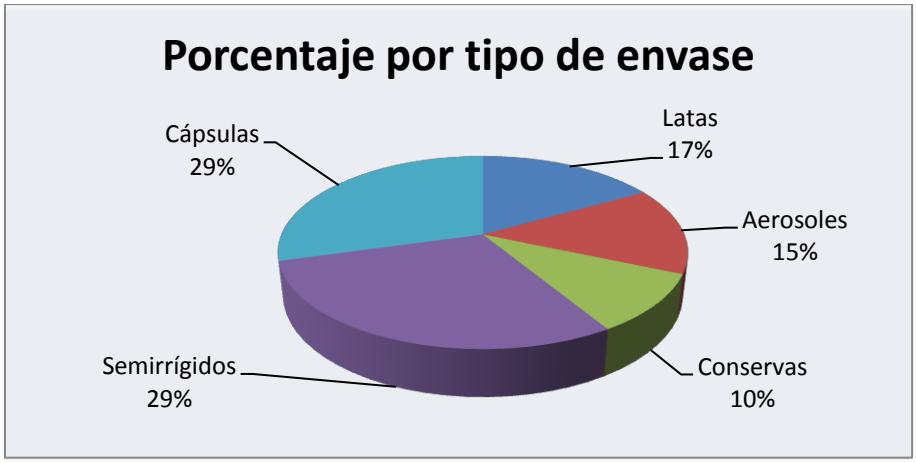
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	10



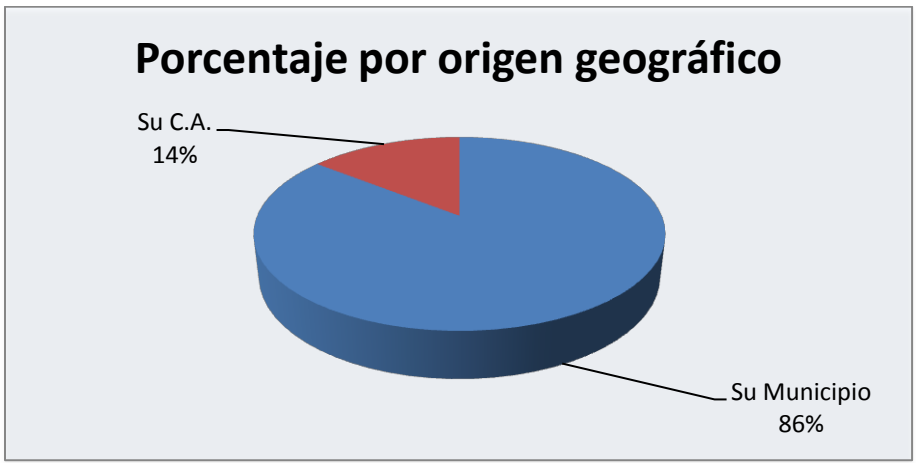
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
2	1	1	3	3



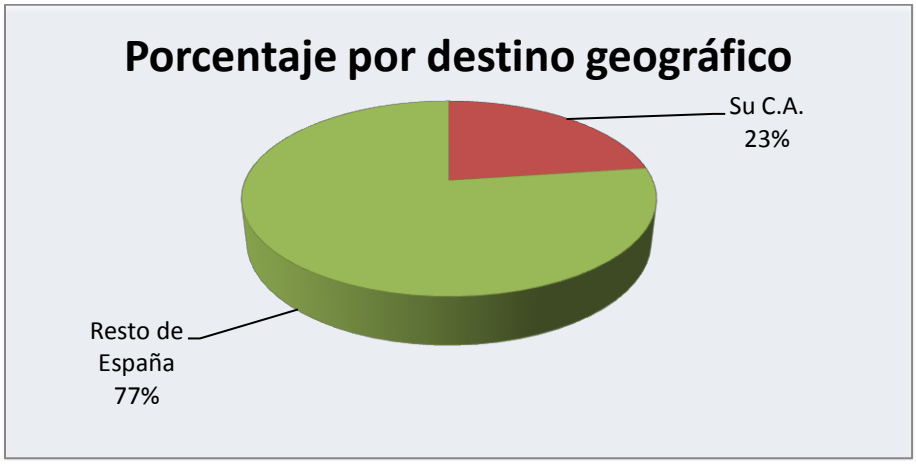
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
9	1	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
2	8	0

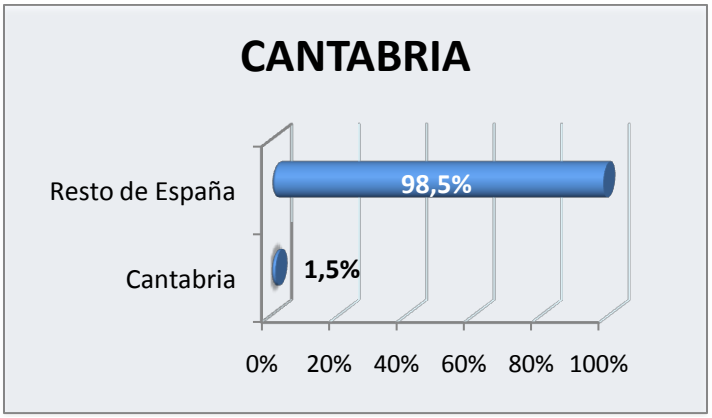


CANTABRIA

CANTABRIA

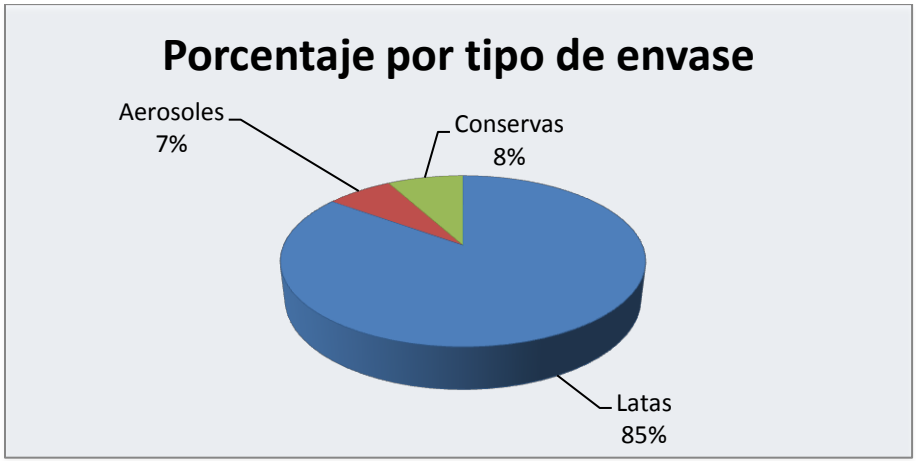
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	61



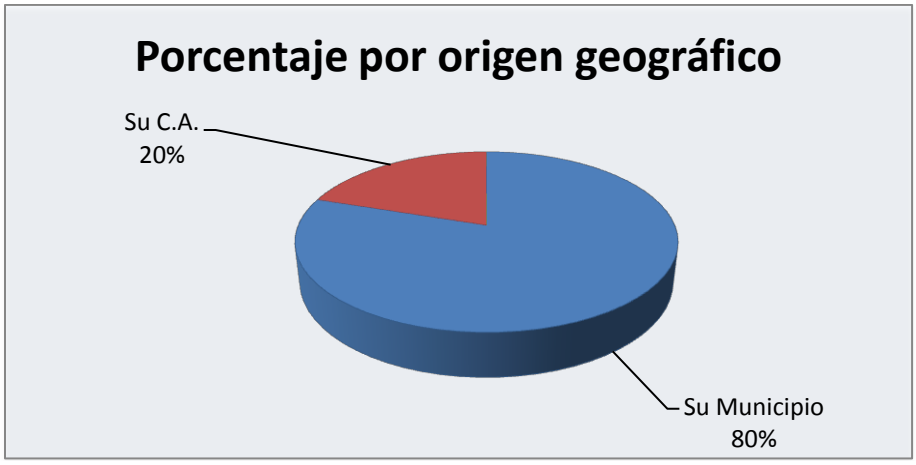
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
52	4	5	0	0



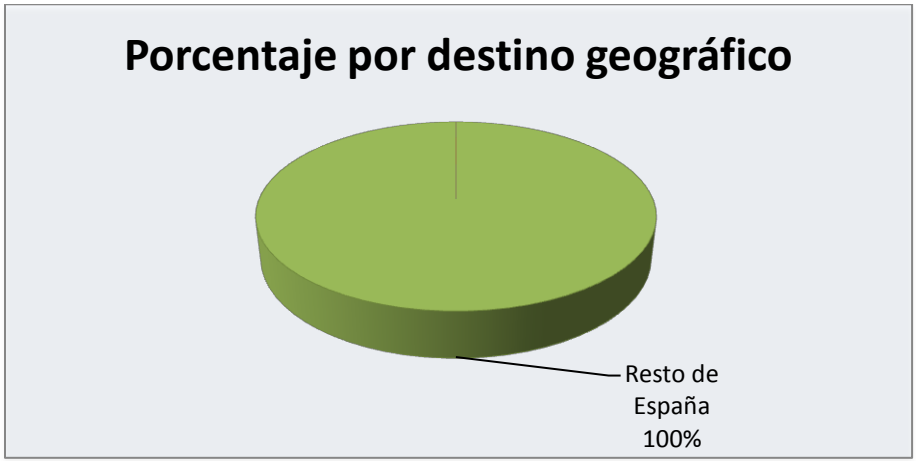
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
49	12	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	61	0

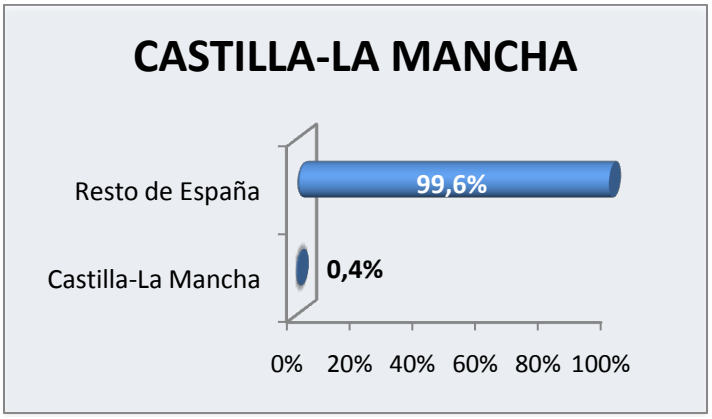


CASTILLA-LA MANCHA

CASTILLA-LA MANCHA

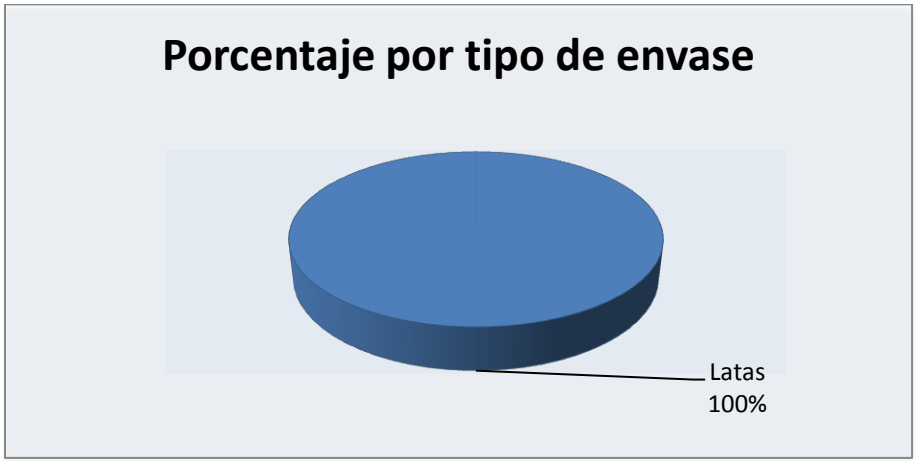
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	17



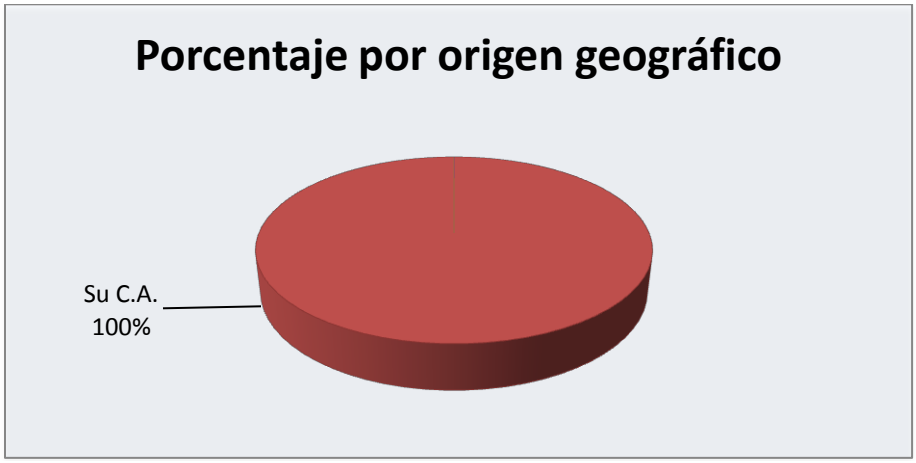
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
17	0	0	0	0



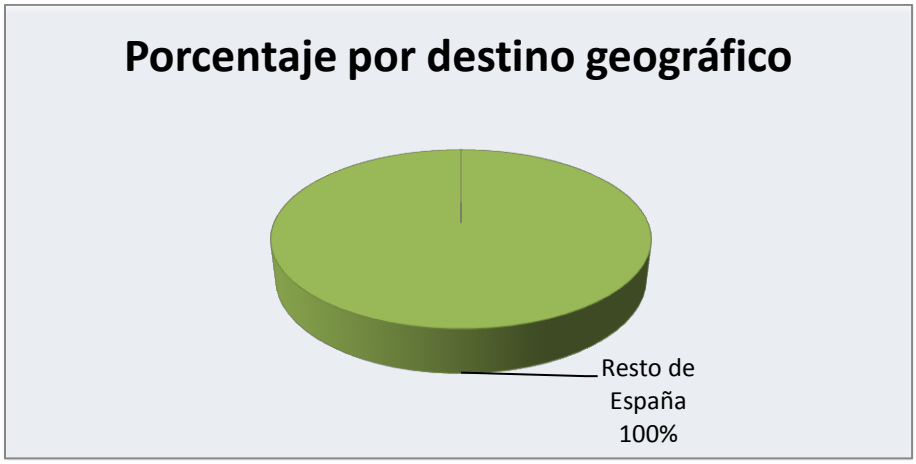
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	17	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	17	0

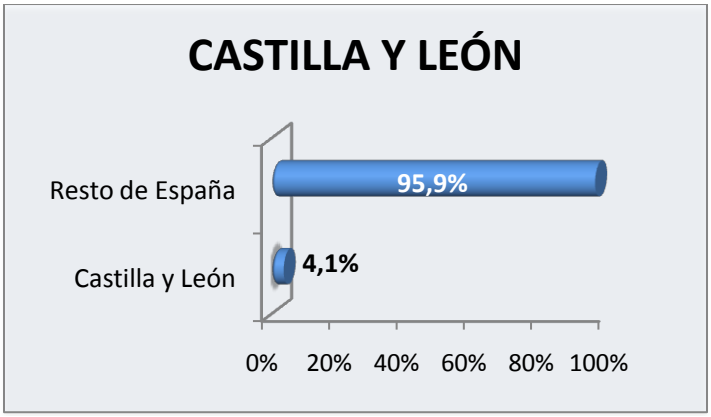


CASTILLA Y LEÓN

CASTILLA Y LEÓN

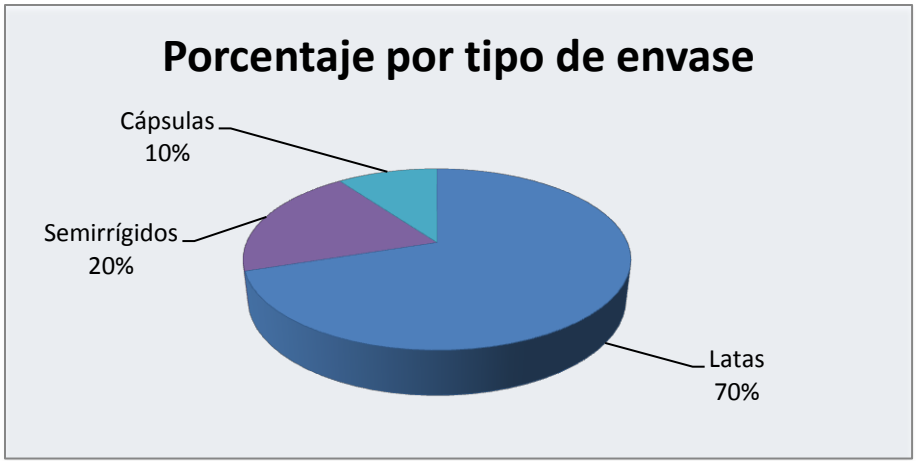
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	165



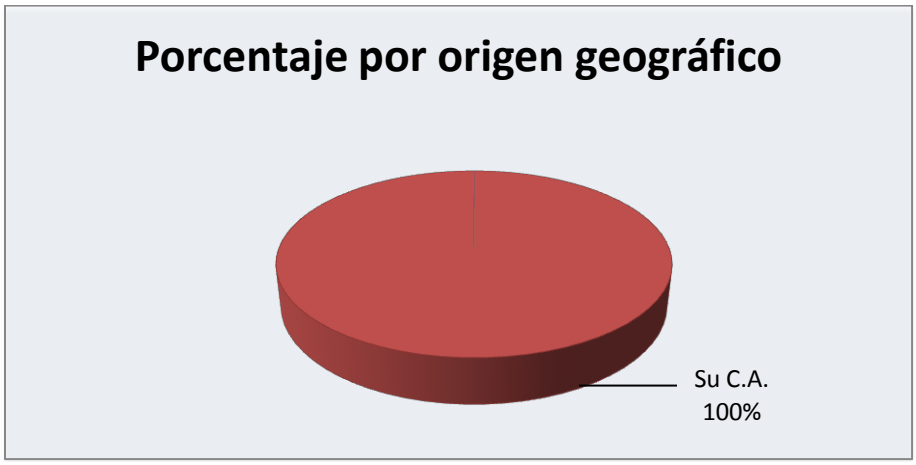
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
116	0	0	33	16



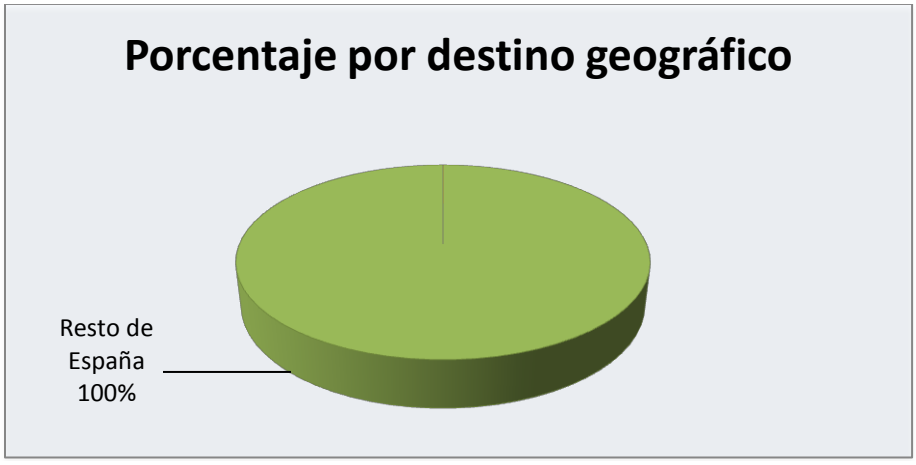
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	165	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	165	0

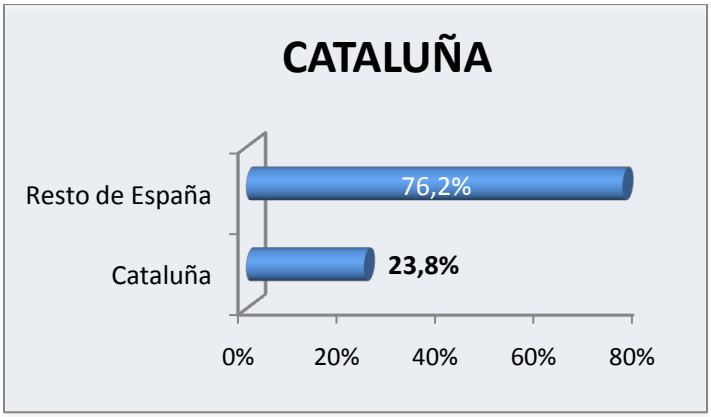


CATALUÑA

CATALUÑA

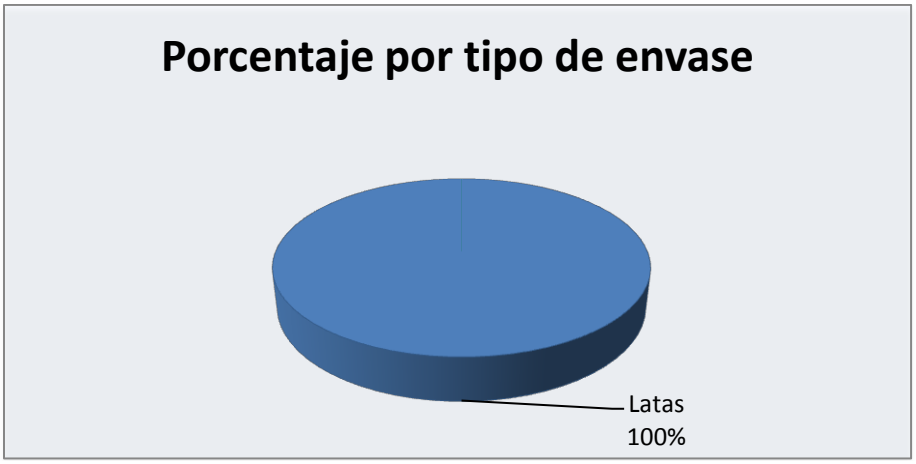
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	960



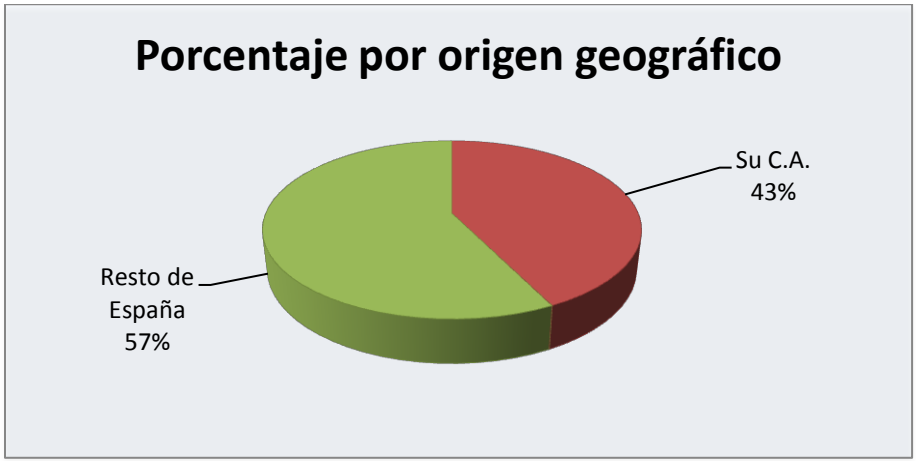
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
960	0	0	0	0



C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	409	551



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

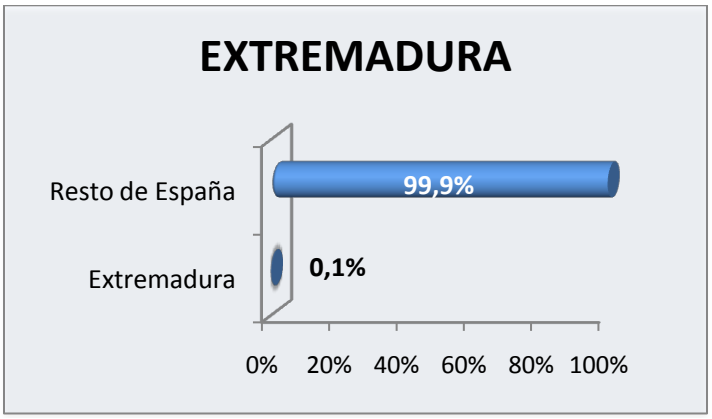
Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	0	960

EXTREMADURA

EXTREMADURA

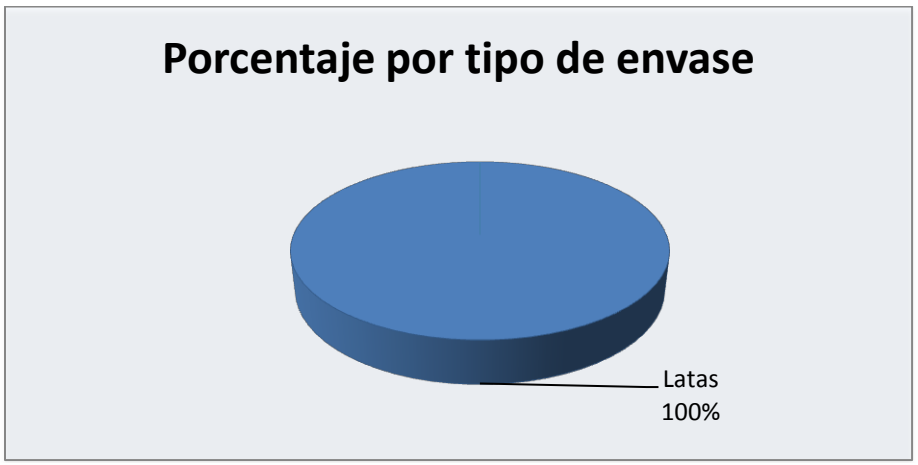
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	6



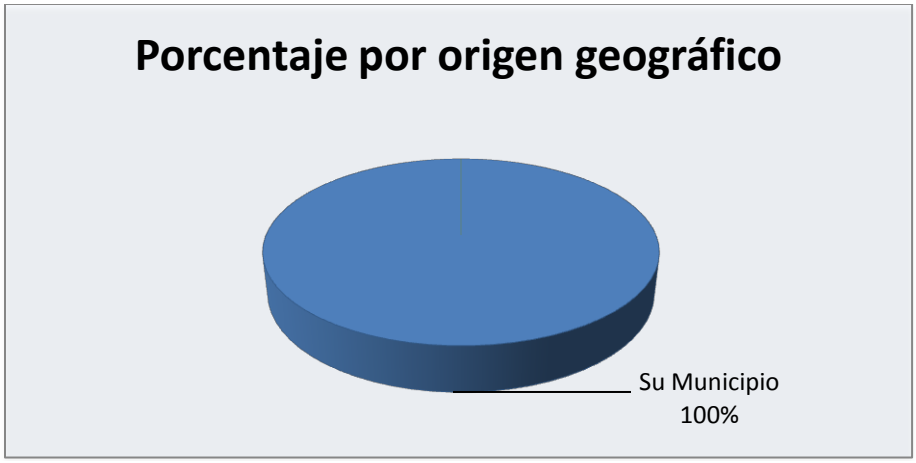
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
6	0	0	0	0



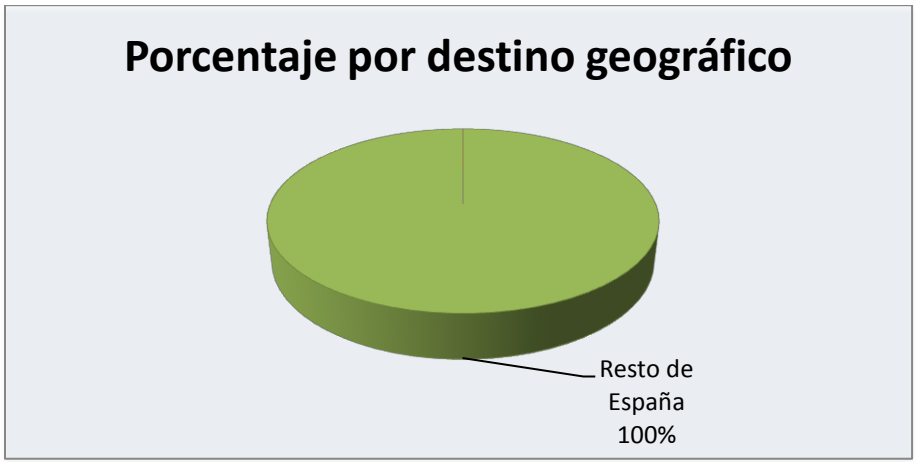
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
6	0	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	6	0

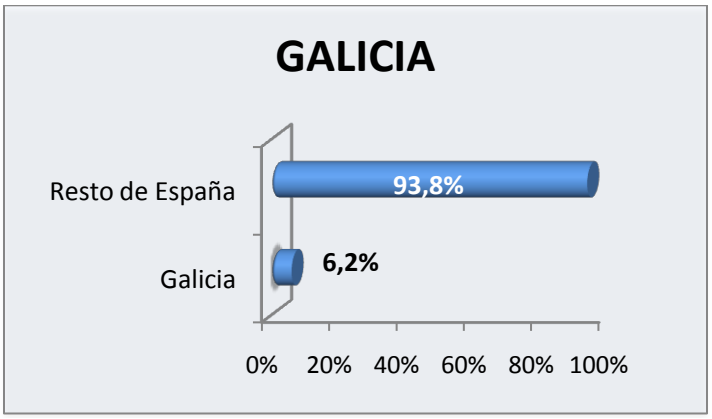


GALICIA

GALICIA

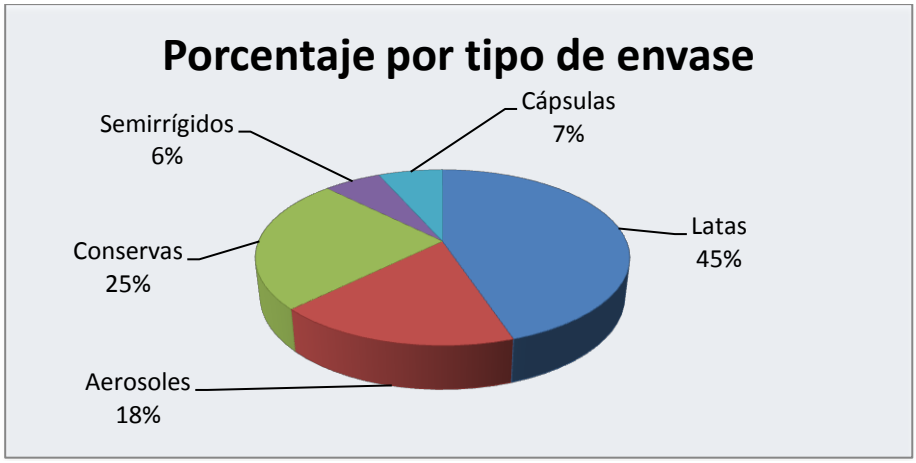
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	250



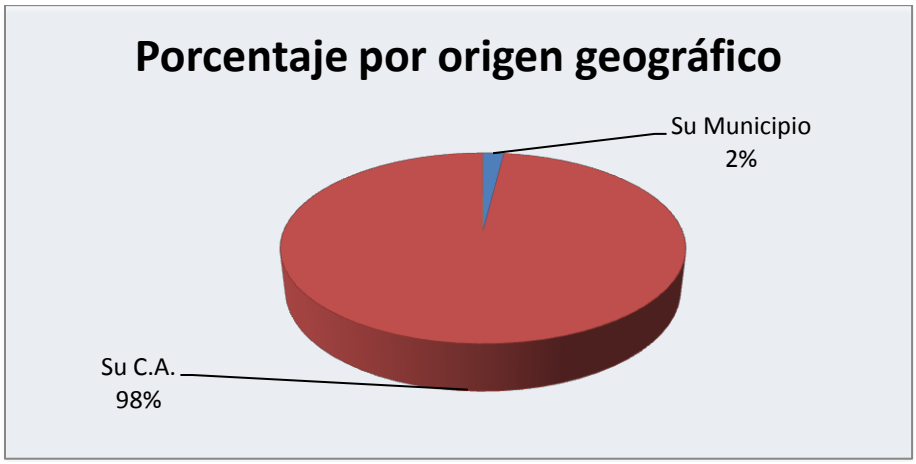
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
112	45	62	15	17



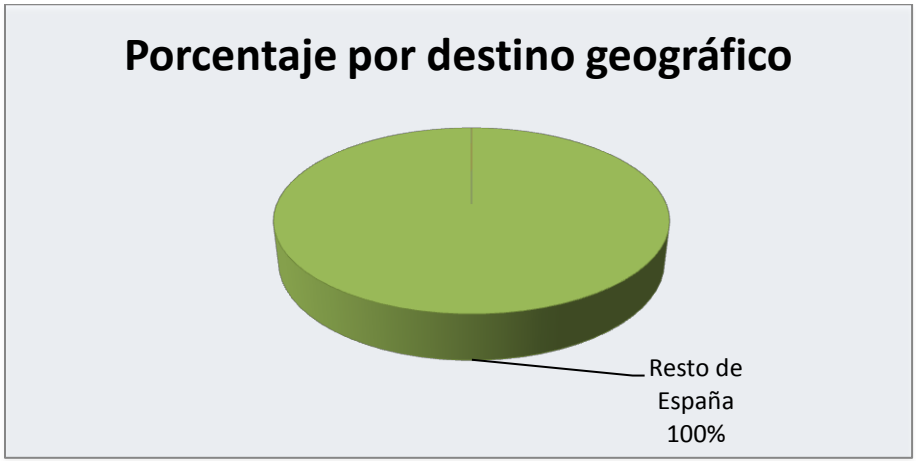
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
5	245	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	250	0

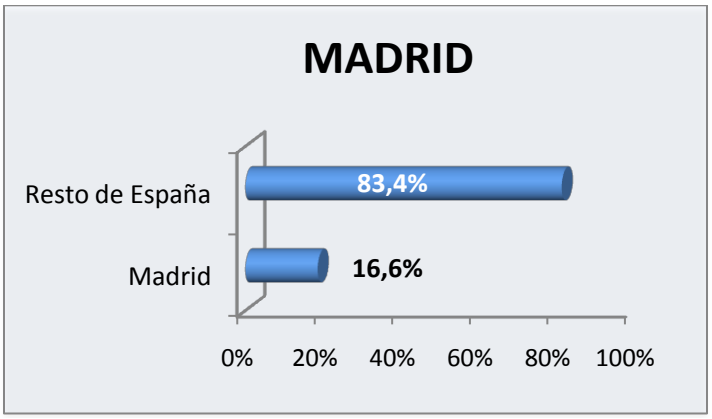


MADRID

MADRID

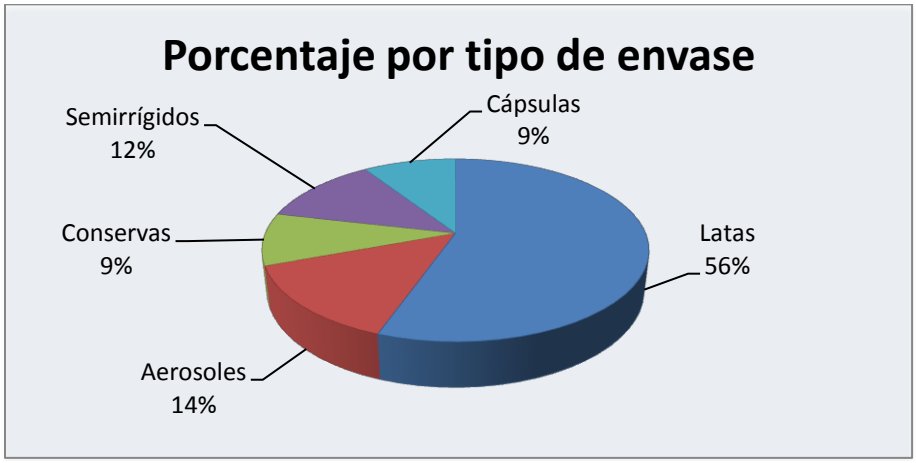
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	668



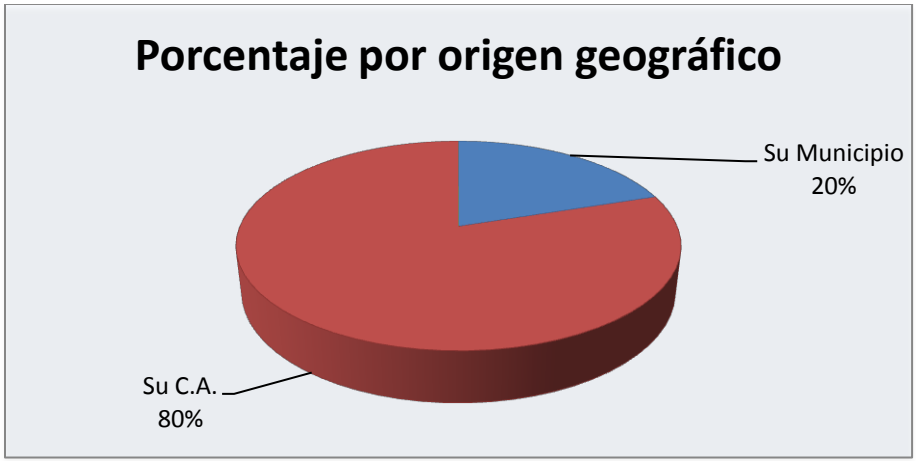
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
371	93	62	81	62



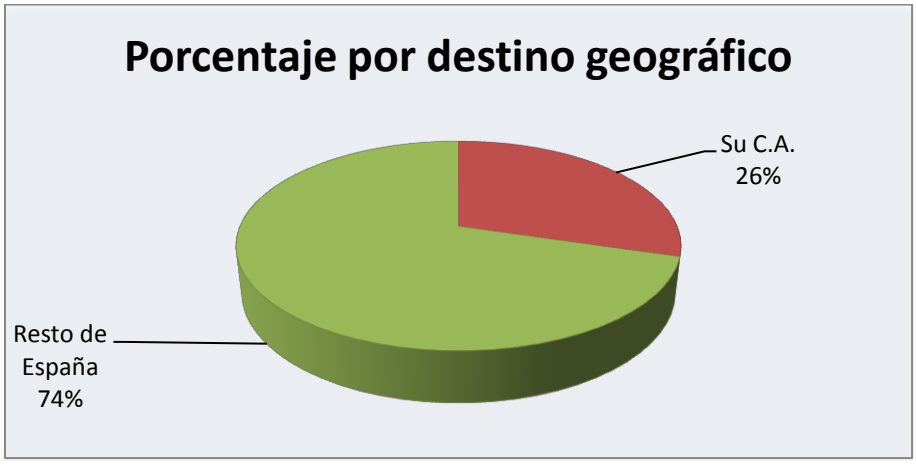
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
134	534	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
171	497	0

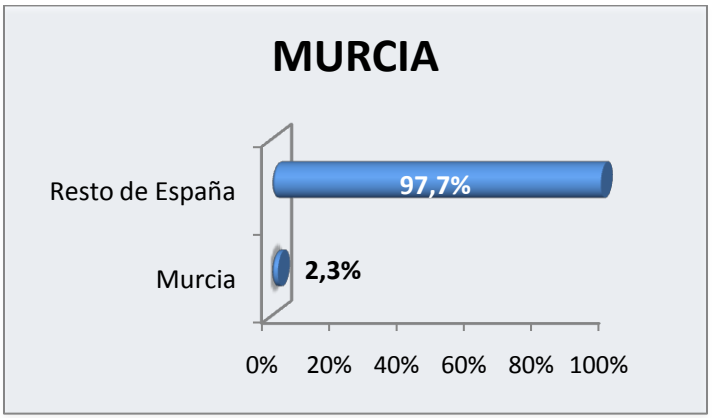


MURCIA

MURCIA

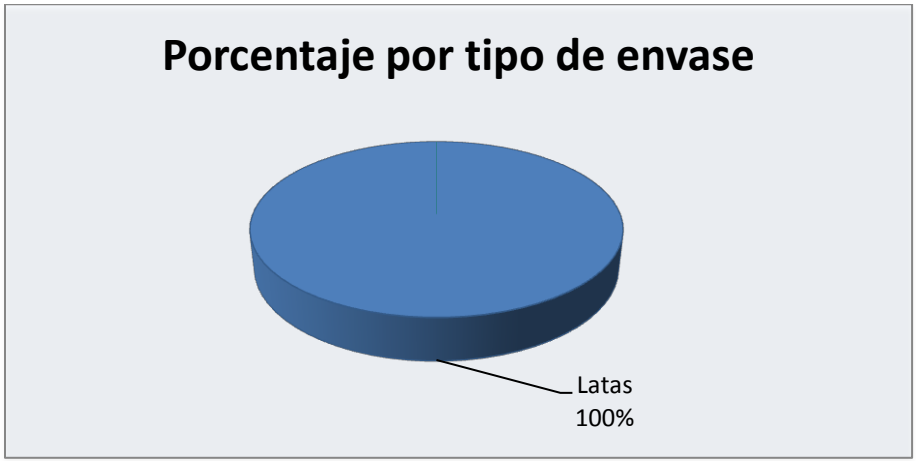
A) Cantidad total de envases de aluminio.

Total toneladas de envases de aluminio	92



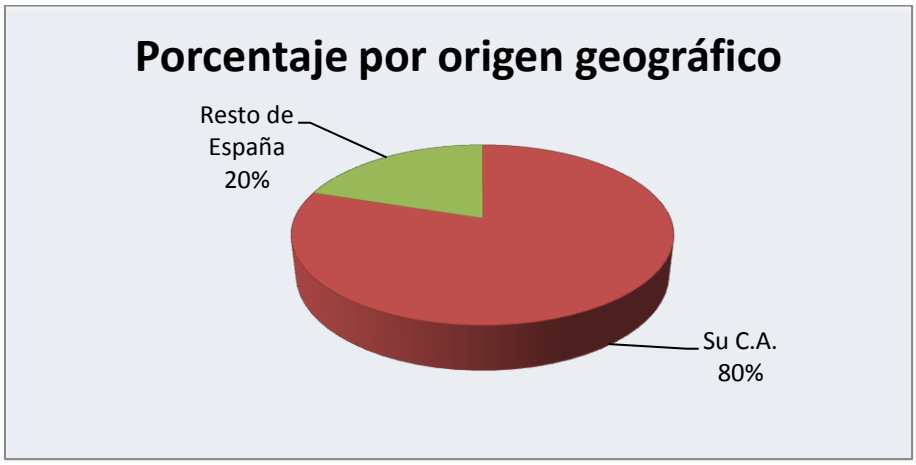
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
92	0	0	0	0



C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	74	18



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

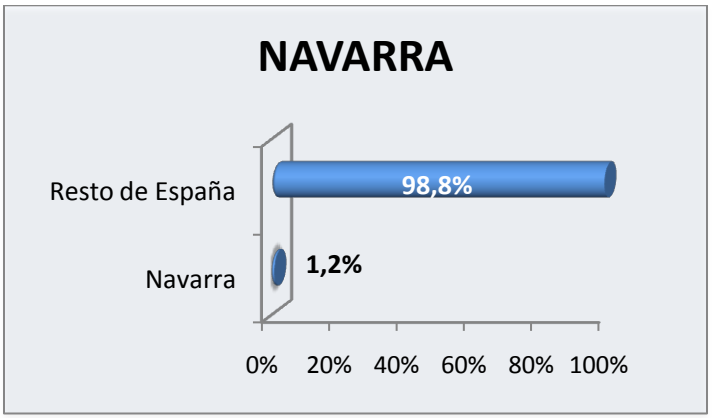
Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	92	0

NAVARRA

NAVARRA

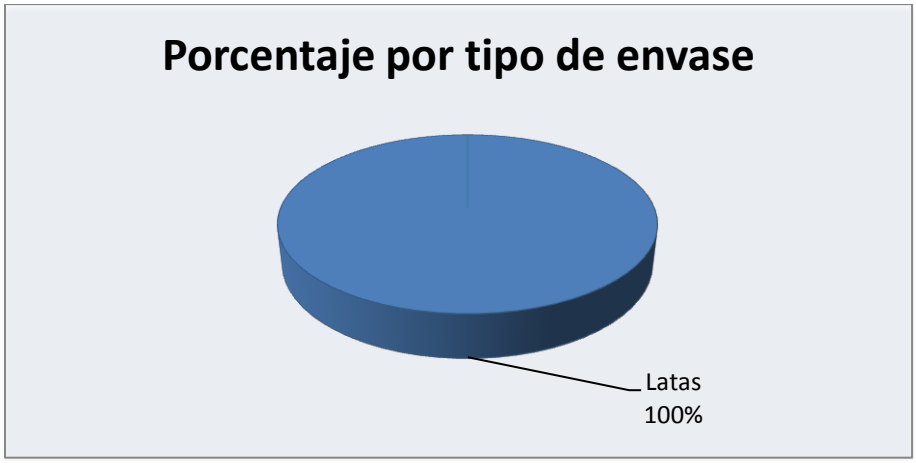
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	47



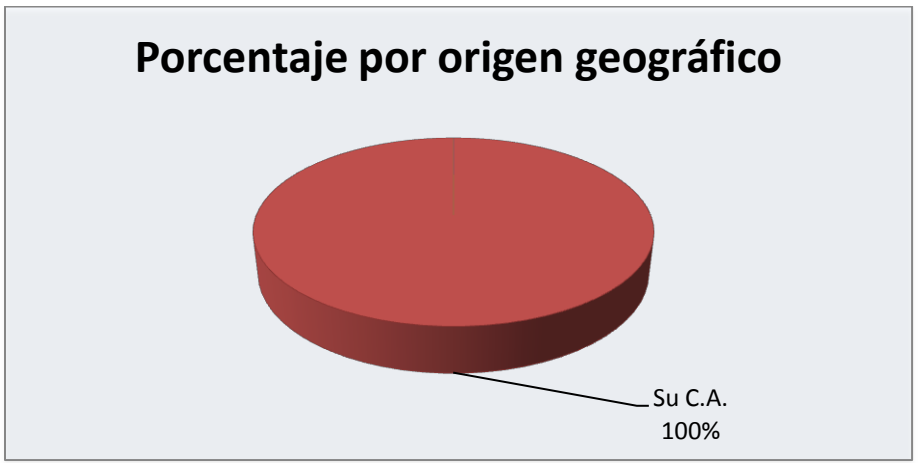
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
47	0	0	0	0



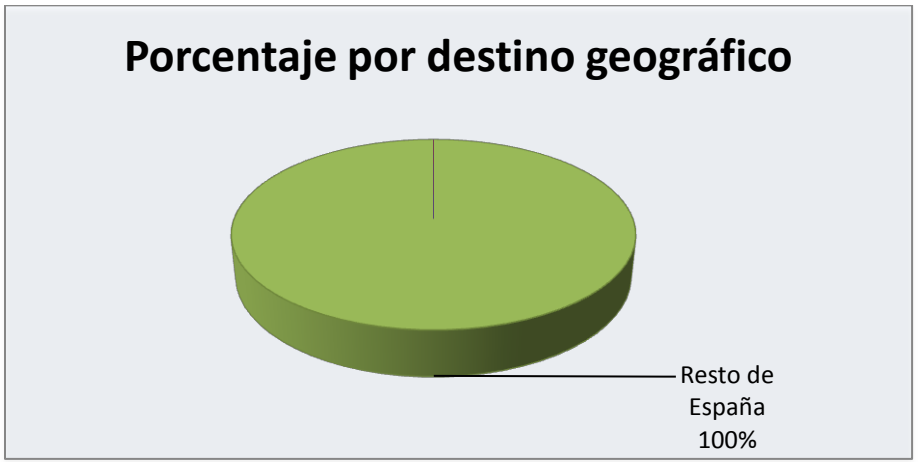
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	47	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	47	0

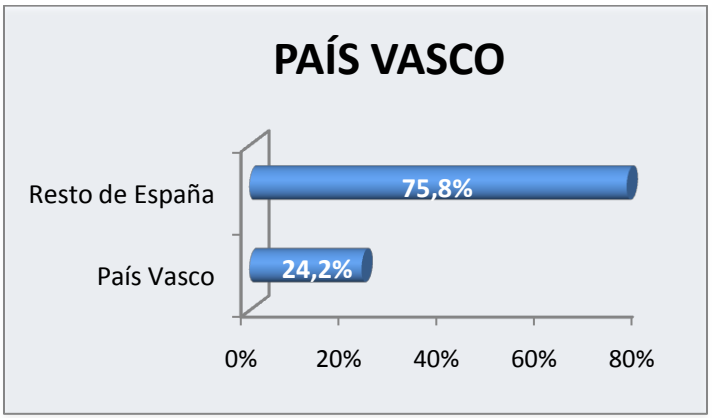


PAÍS VASCO

PAÍS VASCO

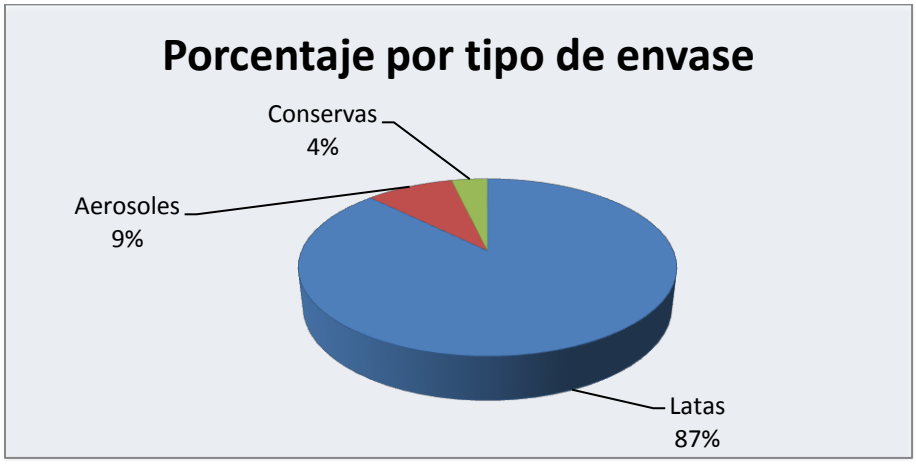
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	975



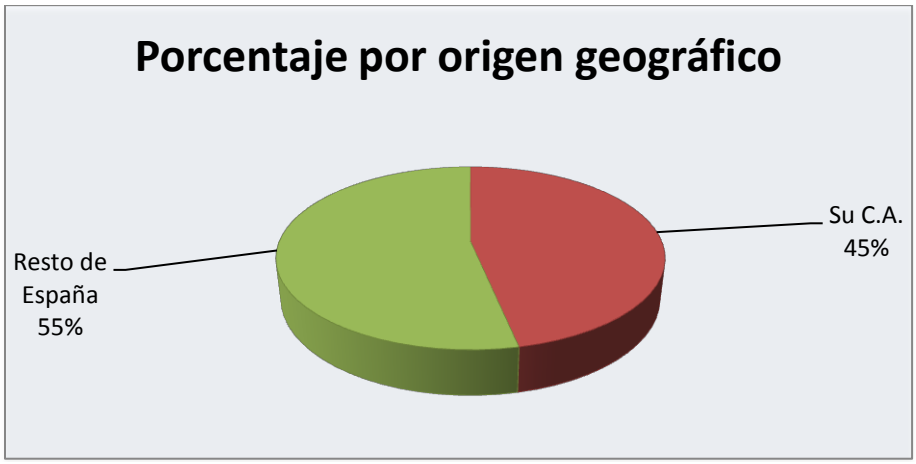
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
852	87	36	0	0



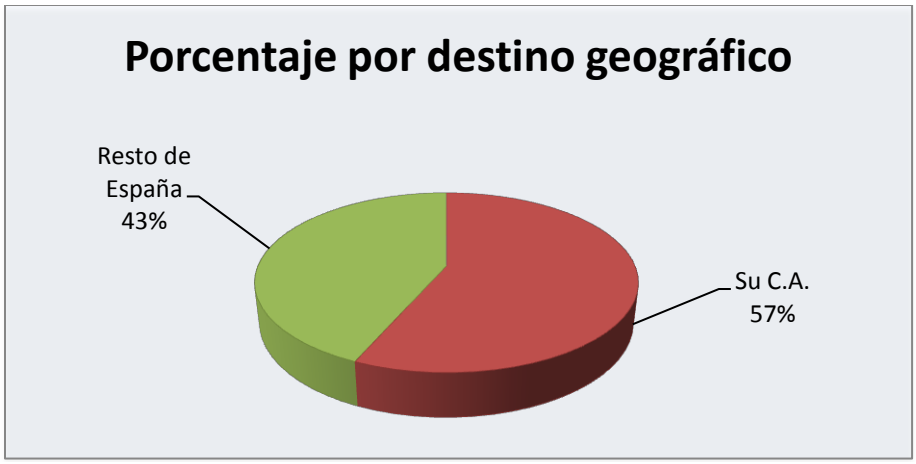
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
0	440	535



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
552	423	0

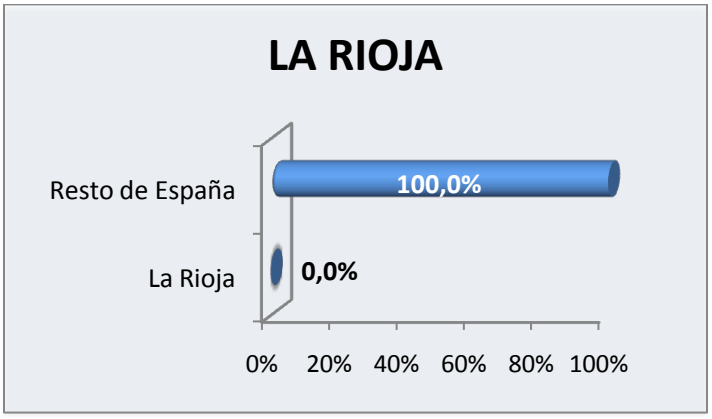


LA RIOJA

LA RIOJA

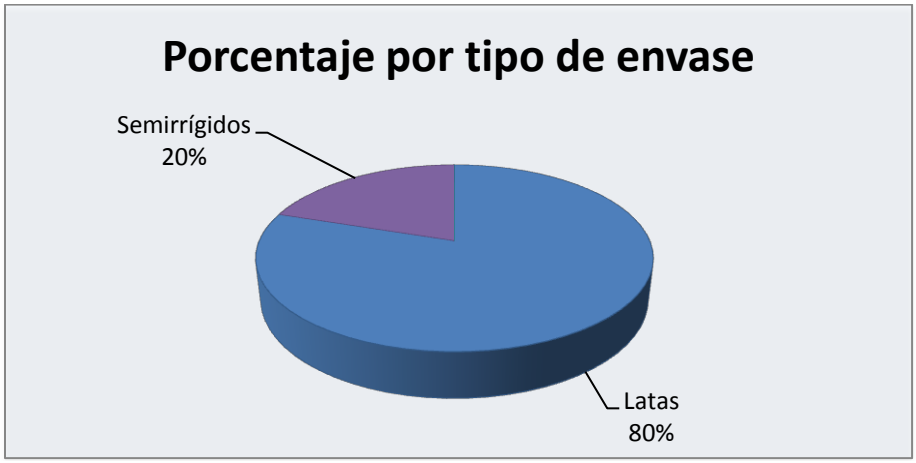
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	2



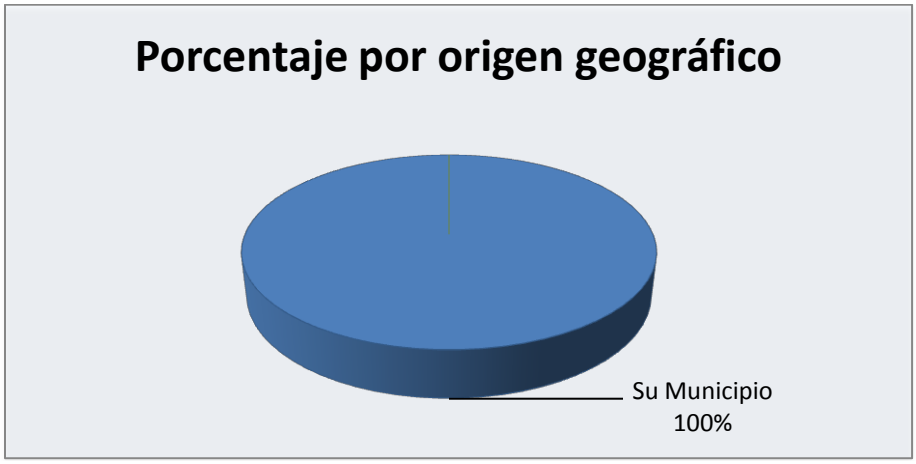
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
1,6	0	0	0,4	0



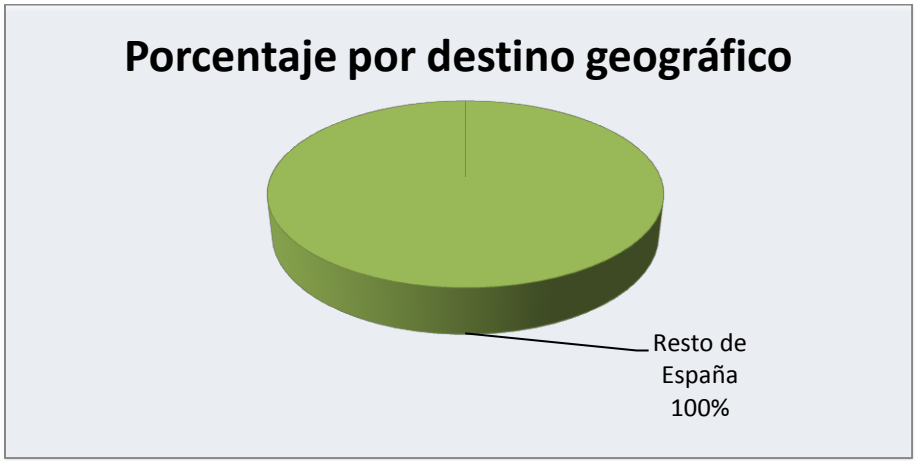
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
2	0	0



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
0	2	0

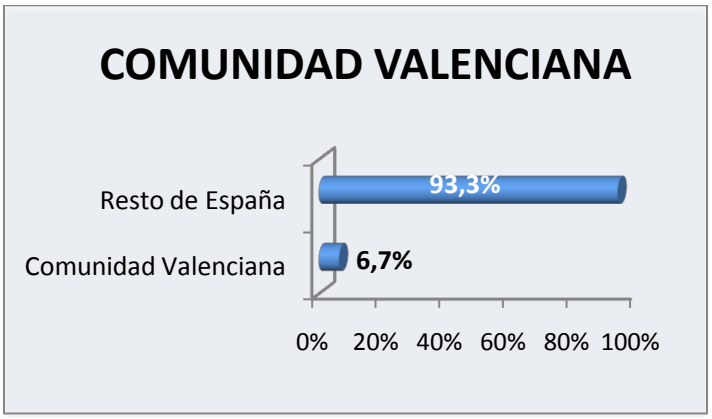


COMUNIDAD VALENCIANA

COMUNIDAD VALENCIANA

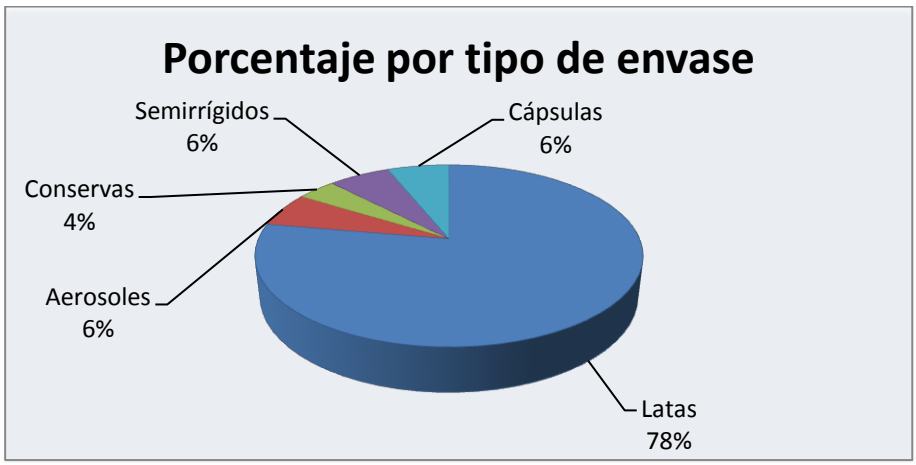
A) Cantidad total de envases de aluminio

Total toneladas de envases de aluminio	269



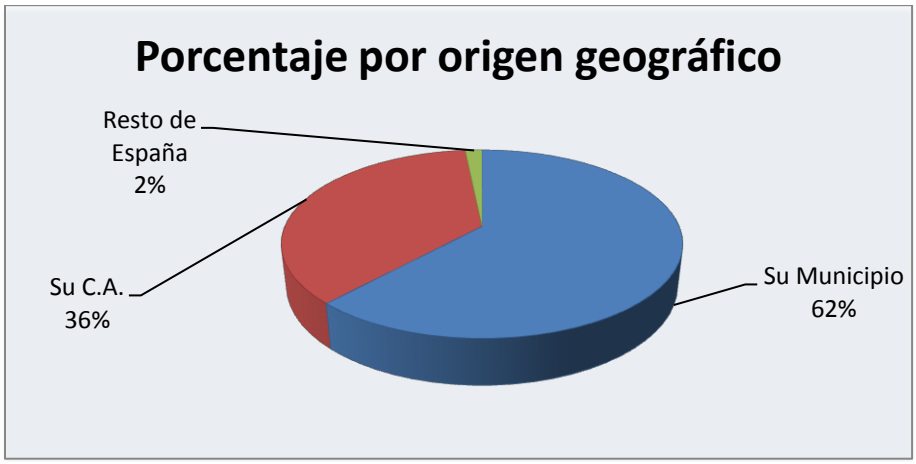
B) Datos por tipo de envase (toneladas)

LATAS	AEROSOLES	LATAS CONSERVA	SEMIRRÍGIDOS	CÁPSULAS
209	17	10	17	17



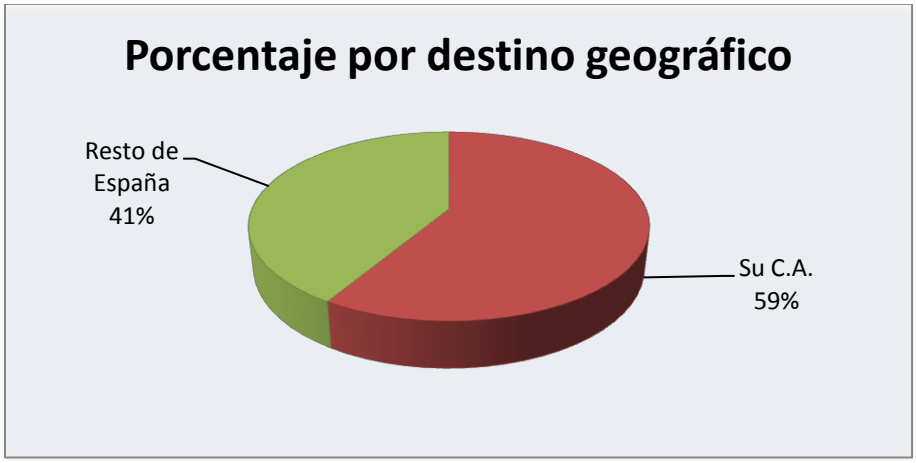
C) Datos por su origen geográfico (toneladas)

Su Municipio	Su C. Autónoma	Resto de España
167	98	4



D) Datos por su destino geográfico (toneladas)

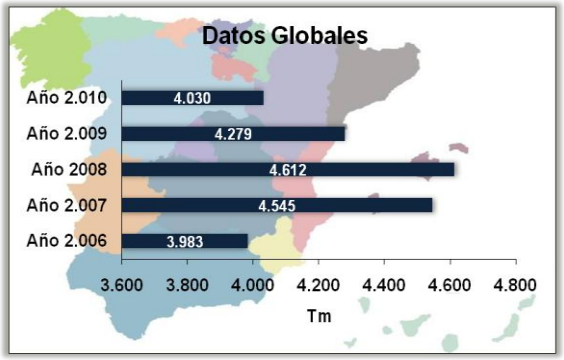
Su C. Autónoma	Resto de España	Exportación
158	111	0

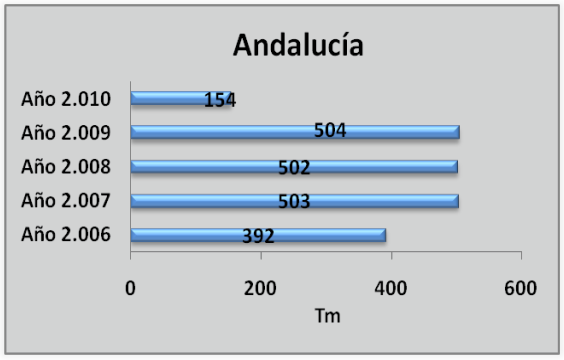


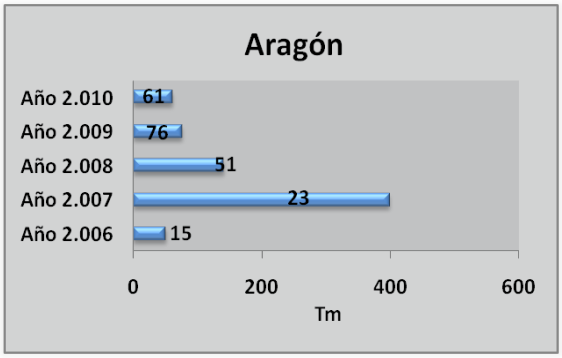
9.3 Comparativa 2006 – 2010

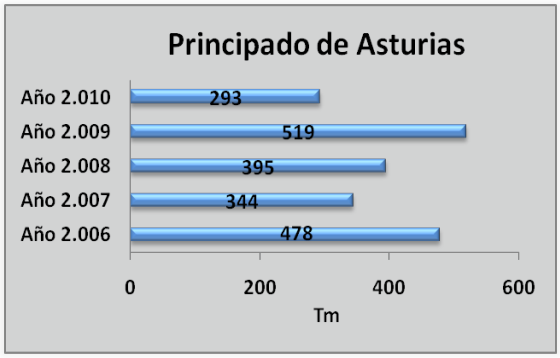
9.3 COMPARATIVA 2006-2010.

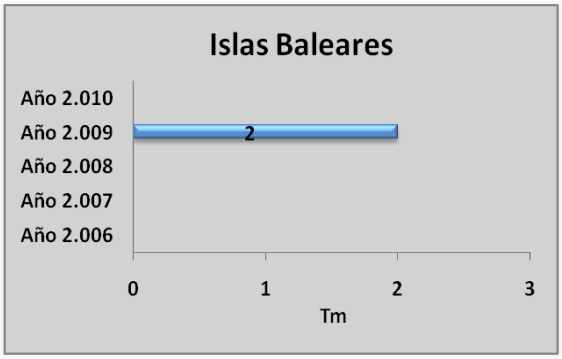
A continuación se muestran una serie de gráficos donde se comparan, tanto a nivel nacional (datos globales), como por Comunidades Autónomas, los resultados obtenidos (toneladas de envases de aluminio recuperadas) en los Estudios 2.006, 2.007, 2.008, 2.009 y 2.010.

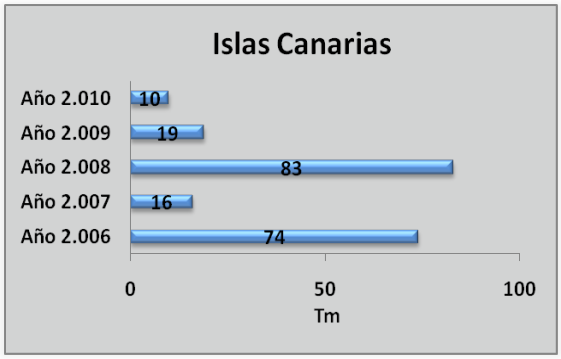


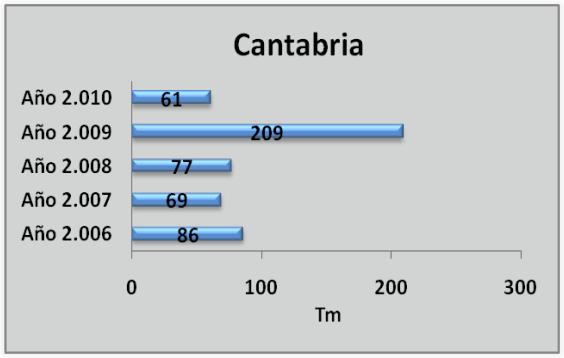


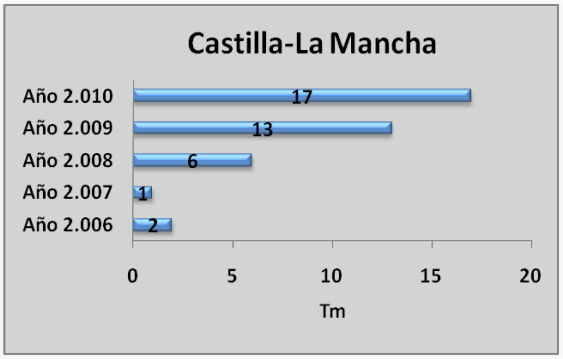


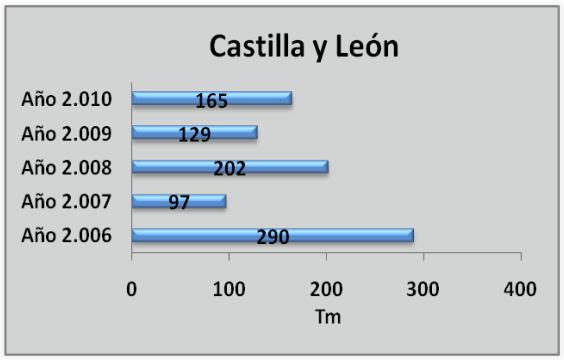


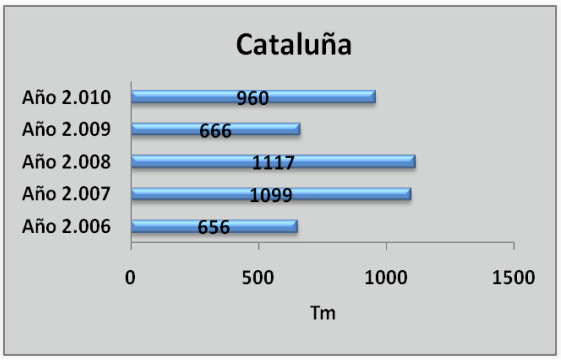


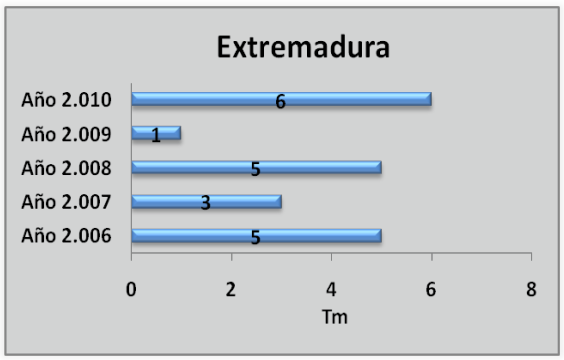


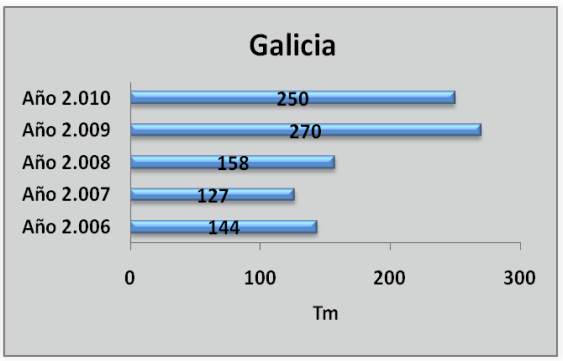

Cantabria
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
61
209
77
69
86
0
100
200
300
Tm

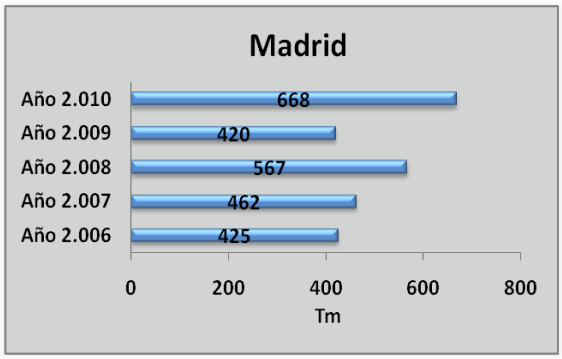

Castilla-La Mancha
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
17
13
6
1
2
0
5
10
15
20
Tm

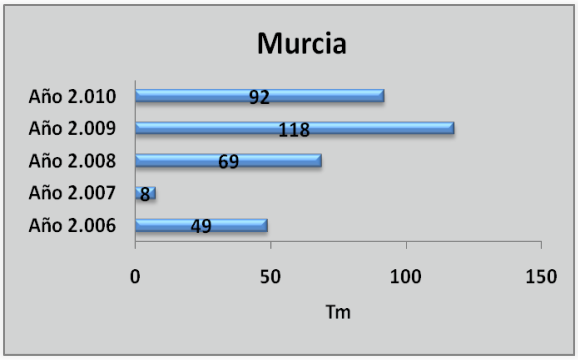

Castilla y León
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
165
129
202
97
290
0
100
200
300
400
Tm

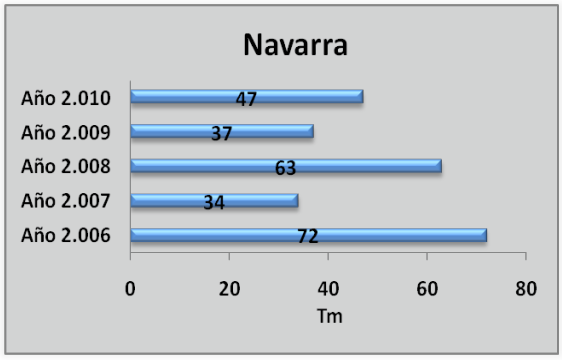

Cataluña
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
960
666
1117
1099
656
0
500
1000
1500
Tm

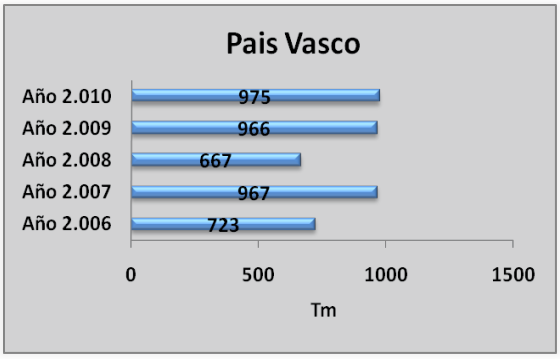

Extremadura
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
6
1
5
3
5
0
2
4
6
8
Tm

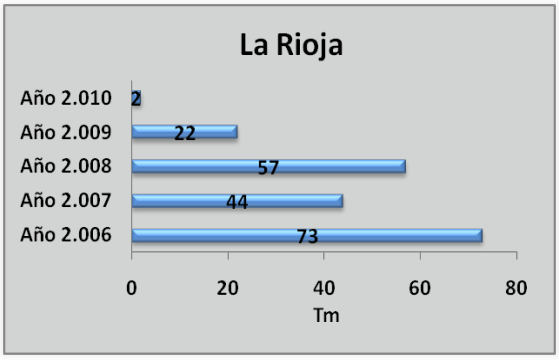

Galicia
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
250
270
158
127
144
0
100
200
300
Tm

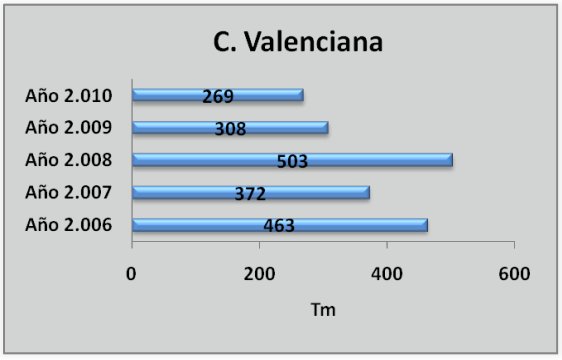

Madrid
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
668
420
567
462
425
0
200
400
600
800
Tm


Murcia
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
92
118
69
8
49
0
50
100
150
Tm


Navarra
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
47
37
63
34
72
0
20
40
60
80
Tm


Pais Vasco
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
975
966
667
967
723
0
500
1000
1500
Tm


La Rioja
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
2
22
57
44
73
0
20
40
60
80
Tm


C. Valenciana
Año 2.010
Año 2.009
Año 2.008
Año 2.007
Año 2.006
269
308
503
372
463
0
200
400
600
Tm

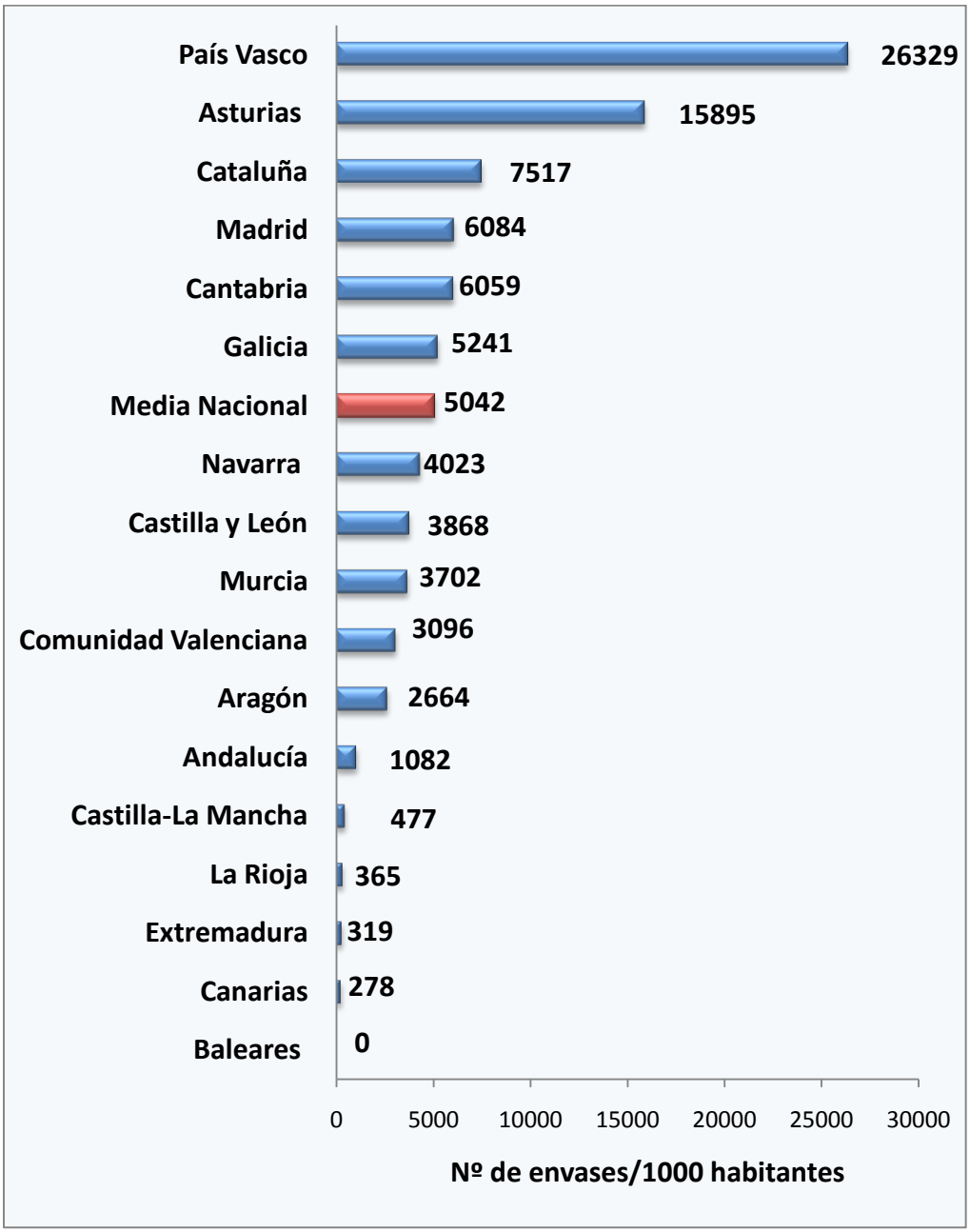
9.4 Recuperación Por Habitante

9.4 RECUPERACIÓN POR HABITANTE.

En el siguiente gráfico se desglosa por Comunidades Autónomas los kilogramos de envases de aluminio recuperados por cada 1.000 habitantes.

Los cálculos se han efectuado tomando en consideración las cifras oficiales de población referidas al año 2010, publicadas en el B.O.E. de 23 de diciembre de 2010.

En el siguiente gráfico, se desglosa por Comunidades Autónomas, el número de envases de aluminio recuperados por cada 1000 habitantes. Para la obtención 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.



10. ECOEMBES

10. ECOEMBALAJES ESPAÑA S.A. (ECOEMBES).

ECOEMBES, gestor del Sistema Integrado de Gestión español, es una sociedad anónima sin ánimo de lucro, cuya misión es el diseño y desarrollo de Sistemas encaminados a la recogida selectiva y recuperación de envases usados y residuos de envases, 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.

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.

Los datos se agrupan en cuatro fuentes, la suma de las cifras de cada una de estas fuentes es la cifra total gestionada por Ecoembes en cuanto a la recuperación de envases se refiere.

A) Plantas de Selección

Toneladas de envases de aluminio	3.501

B) R.S.U. / Plantas de Compostaje

Toneladas de envases de aluminio	3.444

C) Recuperación Complementaria

Toneladas de envases de aluminio	3.844*

* Incluye escorias de incineración.

D) Cantidad total de envases de aluminio

Incluye la cantidad total de envases de aluminio recuperadas (Plantas de Selección + R.S.U./Plantas de Compostaje + Recuperación Complementaria).

Total toneladas de envases de aluminio	10.789

11. RESUMEN

11. RESUMEN.

A continuación se muestran las cifras totales, en toneladas recuperadas de envases de aluminio durante el año 2010, desglosados según sus diferentes vías de recuperación.

A) Ecoembes

Plantas de Selección	3.501
R.S.U/ Plantas de Compostaje	3.444
Recuperación Complementaria	3.844*

* Incluye escorias de incineración.

B) Estudio Arpal 2010

Recuperadores Tradicionales	4.030

C) Cantidad total de Envases de Aluminio Reciclados

Total toneladas de envases de aluminio	14.819

11.1. TASAS DE RECICLADO Y VALORIZACIÓN

En el siguiente apartado se muestran las cifras de tasa de reciclado y de valorización para el año 2010:

De acuerdo con los datos anteriormente expuestos, al relacionar las toneladas de aluminio recuperado/reciclado con las toneladas de envases de aluminio puestas en el mercado durante el año 2010, se obtiene:

Toneladas de Envases de aluminio puestas en el mercado.	**41.971***
Total toneladas de Envases de Aluminio Reciclados	**14.819**
Tasa de Reciclado de Envases de Aluminio.	**35,3 %***

Así mismo, se relacionan las toneladas de aluminio valorizado energéticamente con las toneladas de envases de aluminio puestas en el mercado durante el año 2010:

Toneladas Valorizadas Energéticamente.	**1.950**

La valorización total se obtiene como suma de las toneladas recicladas y valorizadas energéticamente:

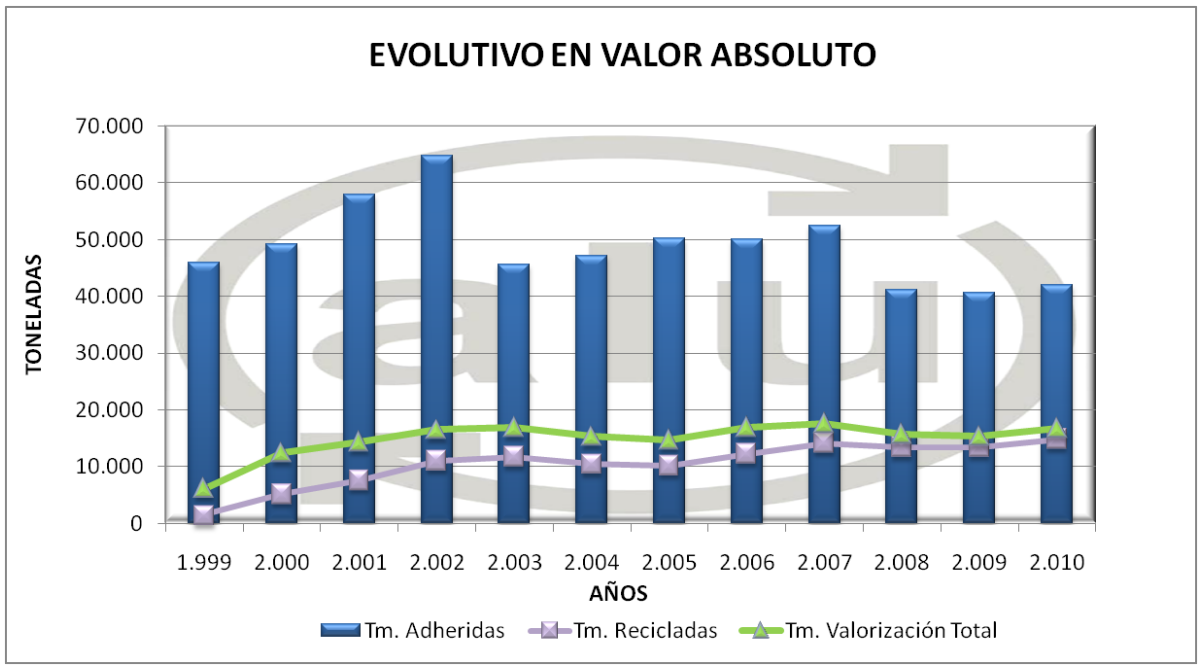
Total toneladas Valorizadas.	**16.769**
Tasa de Valorización Total de Envases de aluminio.	**40,0 %***

*Cifras provisionales

A continuación se recoge el resumen de la evolución del reciclado y valorización de los envases de aluminio desde el año 1999:

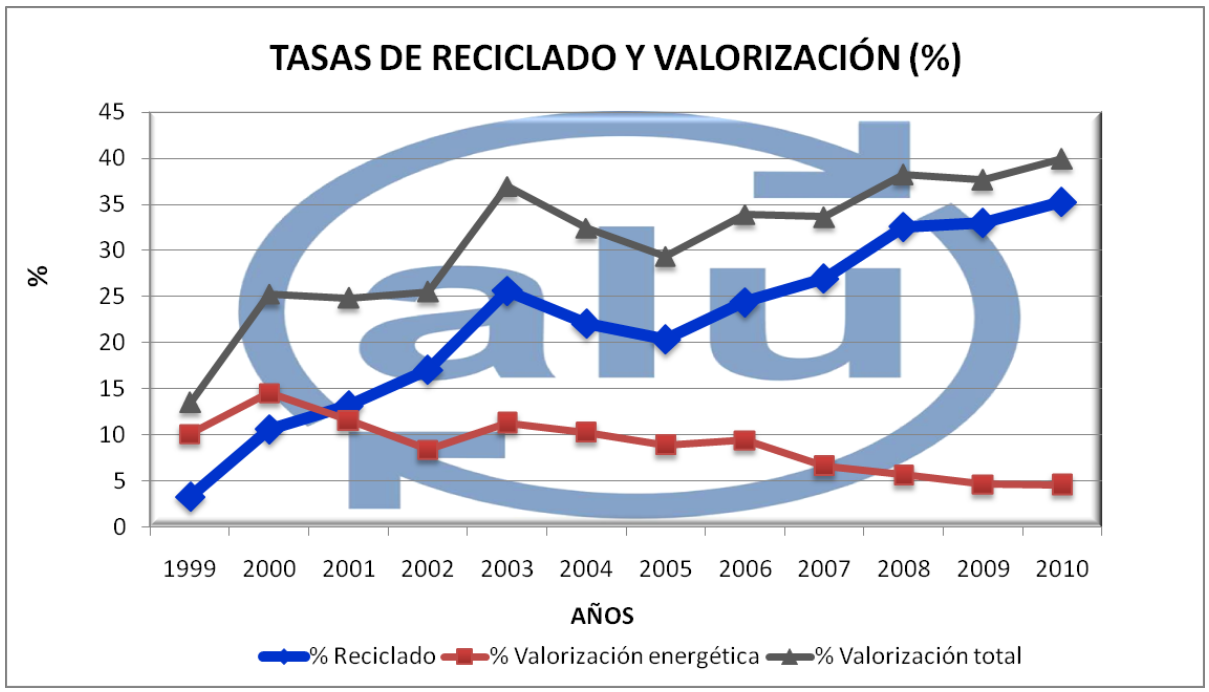
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Tm. Adheridas	45.961	49.113	57.907	64.694	45.656	47.153	50.187	49.986	52.416	41.066	40.584	41.971*
Tm. Recicladas	1.542	5.240	7.668	11.062	11.710	10.427	10.231	12.216	14.145	13.393	13.412	14.819
Tm. Valorización Total	6.211	12.405	14.391	16.524	16.875	15.292	14.731	16.942	17.640	15.726	15.320	16.769

*Cifras provisionales



	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
% 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*
% 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
% 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*

*Cifras provisionales



En el análisis y valoración de estos datos, conviene tener en cuenta que el criterio de valoración del aluminio de los envases declarados a ECOEMBES cada año, ha cambiado en varias ocasiones desde el inicio hasta el año 2010.

Por otra parte, la distribución por Comunidades Autónomas y todos los demás datos de distribución, corresponden sólo a los deducidos del Estudio de ARPAL, a los que habrá que incorporar los datos obtenidos y suministrados por ECOEMBES, con sus correspondientes distribuciones, para obtener las distribuciones totales referidas a toda España.

Madrid, junio 2011