

## ÍNDICE ANEXOS

<b>ÍNDICE ANEXOS.....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....</b>	<b>3</b>
<b>A - FORMATO DE LAS ETIQUETAS DE RESIDUOS PELIGROSOS MÁS REPRESENTATIVOS DE LOS TALLERES DE AUTOMÓVILES (CATALUÑA).....</b>	<b>7</b>
<b>B - FUNCIONAMIENTO DE LOS CAT Y LAS PLANTAS DE FRAGMENTACIÓN .....</b>	<b>11</b>
2.1 Centros autorizados de tratamiento .....	11
2.2 Plantas de fragmentación .....	15
2.3 Plantas de medios densos (Materiales en su mayoría NO FERRICOS) .....	22
<b>C - PROCESO DE FABRICACIÓN DE CEMENTO VALORIZANDO RESIDUOS DEL AUTOMOVIL.....</b>	<b>31</b>
3.1 Proceso de fabricación del clinker/cemento .....	32
3.2 Uso de los residuos: reciclado y valorización .....	38
3.2.1 Residuos utilizados como materia prima para la preparación del crudo .....	39
3.2.2 Residuos utilizados como componente del cemento.....	40
3.2.3 Combustión en el horno de clinker .....	42
3.2.4 Capacidad técnica de las empresas cementeras .....	48
<b>D - RECICLAJE ACTUAL DE LOS MATERIALES .....</b>	<b>51</b>
4.1 Materiales metálicos y su reciclado .....	51
4.1.1 Ferrosos .....	51
4.1.2 No ferrosos.....	52
4.2 Materiales no metálicos y su reciclado .....	56
4.2.1 Plásticos.....	56
4.2.2 Vidrio .....	59
4.2.3 Fibra de Vidrio.....	60
4.2.4 Fibra de carbono .....	61
4.2.5 Caucho (Neumáticos) .....	61

4.2.6 Líquidos y Gases.....	61
<b>E - FUNCIONAMIENTO DE LA BATERÍA DE PLOMO.....</b>	<b>63</b>
5.1 Obtención del plomo.....	65
5.2 Recuperación y reciclado del plomo.....	66
<b>F- BUENAS PRÁCTICAS MEDIOAMBIENTALES EN TALLERES MECÁNICOS .....</b>	<b>69</b>
<b>6.1 Prácticas incorrectas .....</b>	<b>69</b>
6.1.1 Gestión de los recursos.....	69
6.1.2 Gestión de la contaminación y los residuos.....	69
6.1.3 Gestión del espacio ocupado.....	70
<b>6.2 Buenas prácticas ambientales.....</b>	<b>70</b>
6.2.1 Gestión de los recursos.....	70
6.2.2 Gestión de la contaminación y los residuos.....	71
6.2.3 Gestión del espacio ocupado.....	72

# ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

## Índice de figuras

FIGURA 1 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, ACEITE. FUENTE: ARC .....	7
FIGURA 2 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, LÍQUIDO REFRIGERANTE. FUENTE: ARC.....	7
FIGURA 3 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, FILTROS DE ACEITE. FUENTE: ARC.....	8
FIGURA 4 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, BATERÍAS. FUENTE: ARC.....	8
FIGURA 5 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, GAS-OIL. FUENTE: ARC .....	8
FIGURA 6 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, GASOLINA. FUENTE: ARC.....	8
FIGURA 7 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, LÍQUIDO DE FRENOS. FUENTE: ARC.....	9
FIGURA 8 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, REFRIGERANTE A.C.. FUENTE: ARC.....	9
FIGURA 9 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, CATALIZADORES. FUENTE: ARC .....	9
FIGURA 10 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, FILTROS DE COMBUSTIBLE. FUENTE: ARC .....	9
FIGURA 11 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, COMPONENTES CON MERCURIO. FUENTE: ARC .....	10
FIGURA 12 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, AIRBAGS. FUENTE: ARC.....	10
FIGURA 13 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO, COMPONENTES ELECTRÓNICOS. FUENTE: ARC .....	10
FIGURA 14 ETIQUETA DE RESIDUO PELIGROSO. FUENTE: ARC.....	10
FIGURA 15 ESQUEMA DE LOS PROCESOS QUE SIGUE UN VFU. FUENTE: SIGRAUTO .....	11
FIGURA 16 LOCALIZACIÓN DE LOS CENTROS AUTORIZADOS DE TRATAMIENTO DE VFUS EN ESPAÑA. FUENTE:	
SIGRAUTO .....	12
FIGURA 17 APLICACIÓN PARA LA TRAMITACIÓN DE BAJAS E INFORME DE BAJA TRAMITADA. FUENTE: DGT.....	13
FIGURA 18 ZONA DE DESCONTAMINACIÓN DE VFUS EN CATS. FUENTE: SIGRAUTO.....	14
FIGURA 19 ALMACENES DE PIEZAS Y COMPONENTES A REUTILIZAR. FUENTE: SIGRAUTO .....	14
FIGURA 20 COMPACTACIÓN DE VFUS Y ALMACENAMIENTO EN FRAGMENTADORA. FUENTE: SIGRAUTO .....	15
FIGURA 21 MAPA DISTRIBUCIÓN PLANTAS FRAGMENTADORAS. FUENTE: SIGRAUTO .....	16
FIGURA 22 ETAPAS DEL PROCESO DE FRAGMENTACIÓN. FUENTE: FER.....	16
FIGURA 23 PÓRTICO VIGILANCIA RADIOLÓGICA Y BÁSCULA. FUENTE: FER .....	17
FIGURA 24 DESCARGA DE MATERIAL DE ENTRADA- FUENTE: FER .....	17
FIGURA 25 DETALLE TRANSPORTADOR DE PAQUETES. FUENTE: FER.....	18
FIGURA 26 BANDEJA BASCULANTE. FUENTE: FER .....	18
FIGURA 27 MOLINO DE FRAGMENTADORA. FUENTE: FER.....	19
FIGURA 28 CONDUCTOS ASPIRACIÓN RESIDUO LIGERO. FUENTE: FER.....	19
FIGURA 29 SALIDA DE LOS ESTÉRILES Y DETALLE. FUENTE: SIGRAUTO.....	20
FIGURA 30 TAMBOR MAGNÉTICO. FUENTE: FER.....	20
FIGURA 31 SALIDA DE LAS GOMAS CON METALES Y DETALLE. FUENTE: SIGRAUTO.....	21
FIGURA 32 CABINA SELECCIÓN MANUAL. FUENTE: FER .....	21
FIGURA 33 PROCESO DE FRAGMENTACIÓN Y CORRIENTES DE SALIDA DEL PROCESO. FUENTE: BIR.....	21
FIGURA 34 MATERIALES FÉRRICOS, MATERIALES NO FÉRRICOS Y RESIDUO LIGERO. FUENTE: FER.....	22
FIGURA 35 MAPA DISTRIBUCIÓN PLANTAS DE MEDIOS DENSOS. FUENTE: SIGRAUTO.....	23
FIGURA 36 ETAPAS DEL PROCESO DE MEDIOS DENSOS. FUENTE: FER .....	24
FIGURA 37 ALMACENAMIENTO DE MATERIAL DE ENTRADA. FUENTE: FER .....	25

FIGURA 38 ETAPA CLASIFICACIÓN DE MATERIALES. FUENTE: FER.....	26
FIGURA 39 PROCESO DE MEDIOS DENSOS Y FRACCIONES DE SALIDA DE MATERIALES. FUENTE: BIR .....	26
FIGURA 40 INDUCTOR MAGNÉTICO. FUENTE: FER .....	28
FIGURA 41 GOMAS. FUENTE: SIGRAUTO.....	28
FIGURA 42 DETALLE GOMAS. FUENTE: SIGRAUTO .....	28
FIGURA 43 METALES NO FÉRRICOS ENTRE 40 Y 80 MM. FUENTE: SIGRAUTO .....	28
FIGURA 44 DETALLE. FUENTE: SIGRAUTO.....	28
FIGURA 45 METALES NO FÉRRICOS ENTRE 20 Y 40 MM. FUENTE: SIGRAUTO .....	29
FIGURA 46 DETALLE. FUENTE: SIGRAUTO.....	29
FIGURA 47 METALES NO FÉRRICOS MENOS DE 20MM. FUENTE: SIGRAUTO .....	29
FIGURA 48 DETALLE DE CIRCUITOS IMPRESOS. FUENTE: SIGRAUTO .....	29
FIGURA 49 ALUMINIO. FUENTE: SIGRAUTO .....	29
FIGURA 50 ACERO INOXIDABLE. FUENTE: SIGRAUTO .....	29
FIGURA 51 DETALLE DEL CABLE. FUENTE: SIGRAUTO.....	30
FIGURA 52 DETALLE METAL FÉRRICO. FUENTE: SIGRAUTO .....	30
FIGURA 53 DETALLE DE LOS RADIADORES DE AIRE ACONDICIONADO. FUENTE: SIGRAUTO .....	30
FIGURA 54 DETALLE DEL LATÓN/BRONCE. FUENTE: SIGRAUTO .....	30
FIGURA 55 MAPA DE LA UBICACIÓN DE LAS FABRICAS DE CEMENTO DE LAS EMPRESAS ASOCIADAS A OFICEMEN. FUENTE: OFICEMEN .....	31
FIGURA 56 ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL CEMENTO. FUENTE: OFICEMEN .....	33
FIGURA 57 PROCESO DE EXTRACCIÓN EN CANTERAS. FUENTE: OFICEMEN.....	34
FIGURA 58 TIPOS DE MOLINO PARA LA MOLIENDA DE LAS MATERIAS PRIMAS DEL CEMENTO. FUENTE: OFICEMEN	35
FIGURA 59 HORNO DE VÍA SECA. FUENTE: OFICEMEN.....	36
FIGURA 60 VISTA INTERIOR Y EXTERIOR DE DIFERENTES TIPOS DE ENFRIADORES. FUENTE: OFICEMEN .....	36
FIGURA 61 DIFERENTES MÉTODOS DE ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO. FUENTE: OFICEMEN .....	38
FIGURA 62 USO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN ESPAÑA EN TONELADAS. FUENTE: OFICEMEN.....	44
FIGURA 63 CONSUMO DE RESIDUOS EN LA UE POR TIPOS EN EL AÑO 2004. FUENTE: CEMBUREAU .....	49
FIGURA 64 EJEMPLO DE AUTOMÓVIL CON CHASIS DE ALUMINIO. FUENTE: AUDI .....	53
FIGURA 65 ELEMENTOS REALIZADOS CON MAGNESIO. ....	55
FIGURA 66 COMPONENTES REALIZADOS CON PLÁSTICOS. FUENTE: BMW .....	57
FIGURA 67 PIEZA REALIZADA CON POLIPROPILENO. FUENTE: VOLKSWAGEN .....	57
FIGURA 68 PANEL DE INSTRUMENTOS REALIZADO CON PMMA. FUENTE: VOLKSWAGEN .....	59
FIGURA 69 CAPÓ REALIZADO CON FIBRA DE CARBONO. ....	61
FIGURA 70 VÍAS DE OBTENCIÓN DE LOS PRODUCTOS DE PLOMO. FUENTE UNIPLOM 2003 .....	65
FIGURA 71 NIVEL DE RECICLAJE DE DIVERSOS PRODUCTOS EN USA ENTRE 1995 Y 1999 [BCI,2003] .....	67
FIGURA 72 FLUJOS APROXIMADOS DE PRODUCCIÓN, CONSUMO Y RECUPERACIÓN DE PLOMO EN EL MUNDO ENTRE 1995 Y 1997 (MT) [UNIPLOM, 2003] .....	68



## Índice de tablas

TABLA 1 TABLA DE LA UBICACIÓN DE LAS FABRICAS DE CEMENTO DE ASOCIADOS A OFICEMEN. FUENTE: OFICEMEN .....	32
TABLA 2 COMPOSICIÓN DEL CLINKER. FUENTE: OFICEMEN .....	39



## A - FORMATO DE LAS ETIQUETAS DE RESIDUOS PELIGROSOS MÁS REPRESENTATIVOS DE LOS TALLERES DE AUTOMÓVILES (CATALUÑA)

El contenido mínimo de cada etiqueta es:

- Nombre y código del residuo.
- Datos del CAT (nombre, dirección, teléfono)
- Fecha de almacenamiento.
- Símbolos de peligrosidad del residuo.
- Código de productor de residuos.

	<b>OLIS</b>
	<b>RESIDU PERILLÓS: OLIS</b>
	<b>CODI: 130205/ 130206</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

*Figura 1 Etiqueta de residuo peligroso, aceite. Fuente: ARC*

	<b>LÍQUID REFRIGERANT</b>
	<b>RESIDU PERILLÓS: LÍQUID REFRIGERANT</b>
	<b>CODI: 160114</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

*Figura 2 Etiqueta de residuo peligroso, líquido refrigerante. Fuente: ARC*

*Fuente: ARC*

FILTRES D'OLI	
	<b>RESIDU PERILLÓS: FILTRES D'OLI</b>
	<b>CODI: 160107</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 3 Etiqueta de residuo peligroso, filtros de aceite.

Fuente: ARC

BATERIES	
	<b>RESIDU PERILLÓS: BATERIES</b>
	<b>CODI: 160601</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 4 Etiqueta de residuo peligroso, baterías. Fuente: ARC

GAS-OIL	
	<b>RESIDU PERILLÓS: GAS-OIL</b>
	<b>CODI: 130701 / 130702</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 5 Etiqueta de residuo peligroso, gas-oil. Fuente: ARC

BENZINA	
	<b>RESIDU PERILLÓS: BENZINA</b>
	<b>CODI: 130703</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 6 Etiqueta de residuo peligroso, gasolina. Fuente: ARC

<b>LÍQUID FRENS</b>	
	<b>RESIDU PERILLÓS: LÍQUID FRENS</b>
	<b>CODI: 160113</b>
	Data emmagatzematge:
	P. . . . .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 7 Etiqueta de residuo peligroso, líquido de frenos.

Fuente: ARC

<b>REFRIGERANT A.C.</b>	
	<b>RESIDU PERILLÓS: REFRIGERANT AIRE CONDICIONAT</b>
	<b>CODI: 160504</b>
	Data emmagatzematge:
	P. . . . .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 8 Etiqueta de residuo peligroso, refrigerante A.C..

Fuente: ARC

<b>CATALITZADORS</b>	
	<b>RESIDU PERILLÓS: CATALITZADORS</b>
	<b>CODI: 160802</b>
	Data emmagatzematge:
	P. . . . .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 9 Etiqueta de residuo peligroso, catalizadores. Fuente:

ARC

<b>FILTRES DE COMBUSTIBLE</b>	
	<b>RESIDU PERILLÓS: FILTRES DE COMBUSTIBLE</b>
	<b>CODI: 150202</b>
	Data emmagatzematge:
	P. . . . .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 10 Etiqueta de residuo peligroso, filtros de combustible.

Fuente: ARC

	<b>COMPONENTS MERCURI</b>
	<b>RESIDU PERILLÓS: COMPONENTS MERCURI</b>
	<b>CODI: 160108</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 11 Etiqueta de residuo peligroso, componentes con mercurio. Fuente: ARC

	<b>AIRBAGS</b>
	<b>RESIDU PERILLÓS: AIRBAGS</b>
	<b>CODI: 160110</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 12 Etiqueta de residuo peligroso, airbags. Fuente: ARC

	<b>COMPONENTS ELECTRÒNICS</b>
	<b>RESIDU PERILLÓS: COMPONENTS ELECTRÒNICS</b>
	<b>CODI: 160122</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 13 Etiqueta de residuo peligroso, componentes electrónicos. Fuente: ARC

	<b>RESIDU PERILLÓS:</b>
	<b>CODI: 150202</b>
	Data emmagatzematge:
	P. .
	NOM DEL CAT
	Adreça
	Telèfon
	Informació adicional
	<input type="text"/>

Figura 14 Etiqueta de residuo peligroso. Fuente: ARC

## B - FUNCIONAMIENTO DE LOS CAT Y LAS PLANTAS DE FRAGMENTACIÓN

### 2.1 Centros autorizados de tratamiento

Cuando el propietario de un vehículo decide que quiere deshacerse de él tiene la obligación de entregarlo en un Centro Autorizado de Tratamiento (CAT) para su baja y destrucción convirtiéndolo en un vehículo fuera de uso.



Figura 15 Esquema de los procesos que sigue un VFU. Fuente: SIGRAUTO

Estas instalaciones deben contar con toda una serie de medios técnicos fijados en la normativa vigente y provienen en su mayoría de la adaptación/reconversión de los antiguos desguaces a estos requisitos. La verificación de que las

instalaciones cumplen con los requisitos mínimos establecidos en la normativa se lleva a cabo por los órganos ambientales competentes de las Comunidades Autónomas que son los encargados de conceder las autorizaciones como gestores de residuos peligrosos en su territorio.

España cuenta con aproximadamente 900 CATs que cubren perfectamente todo el territorio tal y como se muestra en la figura 16.

Los fabricantes e importadores de vehículos en España, cumpliendo con las obligaciones impuestas por la Directiva 2000/53/CE y por el Real Decreto 1383/2002 han concertado una red de centros autorizados de tratamiento común a todos ellos a través de la asociación española para la Asociación Española para el tratamiento medioambiental de los vehículos fuera de uso, a partir de ahora SIGRAUTO en la que se garantiza la entrega gratuita a todos los usuarios.

A día de hoy, la red concertada por fabricantes e importadores a través de SIGRAUTO cuenta con cerca de 440 centros y recoge en sus instalaciones el 80% de los vehículos que se dan de baja anualmente en España.



Figura 16 Localización de los Centros Autorizados de Tratamiento de VFUs en España. Fuente: SIGRAUTO

Para que un centro autorizado de tratamiento pueda recibir en sus instalaciones un vehículo fuera de uso e iniciar su tratamiento, el titular del mismo debe entregarlo junto con la documentación para que el centro pueda comprobar su titularidad y verificar que no existe ningún impedimento para proceder a su baja administrativa y a su tratamiento medioambiental.

Es importante destacar que la baja definitiva de los vehículos de turismo y de los comerciales ligeros de menos de 3.500 kg sólo puede tramitarse a través de los CATs y que en el resto de casos la baja puede realizarse tanto en las Jefaturas de Tráfico como en los CATs. Además, a partir de Enero de 2009 el sistema de tramitación de las bajas desde los CATs se realiza de forma telemática pudiendo el usuario recibir del CAT el documento acreditativo de la baja en el mismo momento de la entrega. Ver figura 17.

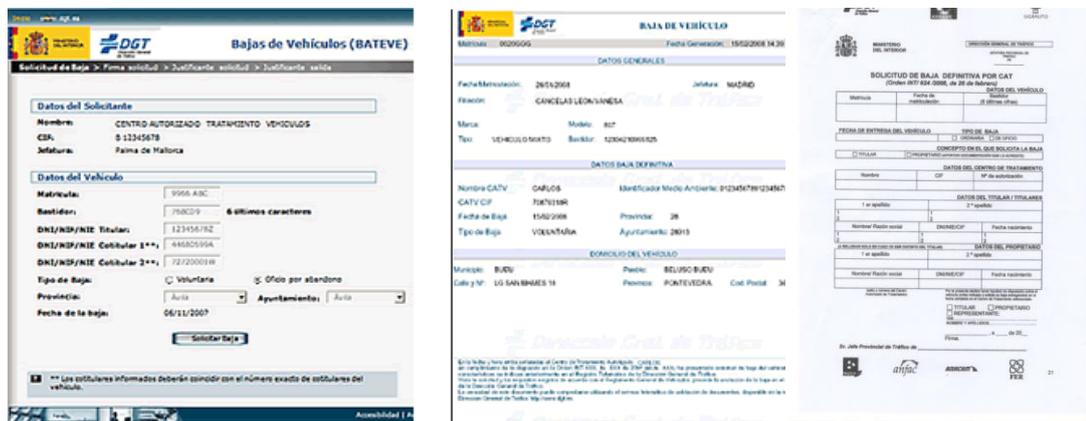


Figura 17 Aplicación para la tramitación de bajas e informe de baja tramitada. Fuente: DGT

Una vez que el vehículo es recibido por el CAT y se han realizado los trámites administrativos necesarios, éste pasa a ser un residuo peligroso y debido a los distintos materiales y fluidos que lo componen, debe procederse en primer lugar a su descontaminación, que consiste en la retirada de todos los líquidos y elementos que tienen la consideración de residuo peligroso. Estos son los aceites hidráulicos, aceites del motor, del diferencial y de la caja de cambios (salvo que se reutilice el bloque completo, en cuyo caso se puede mantener lubricado) combustibles, líquidos de frenos, anticongelantes, filtros, baterías, etc. Asimismo, al objeto de facilitar el reciclado, se retiran también algunos residuos no peligrosos como catalizadores, neumáticos, vidrios, etc. Ver figura 18.



*Figura 18 Zona de Descontaminación de VFUs en CATs. Fuente:  
SIGRAUTO*

Todos los elementos retirados deben almacenarse en depósitos adecuados para su posterior entrega a los gestores autorizados de tratamiento de los mismos que se encargarán de su recuperación en plantas especializadas.

El siguiente paso es la retirada de todos aquellos elementos que todavía están en condiciones de ser utilizados para reparar otros vehículos. En esta fase, se evalúan y retiran todos aquellos componentes susceptibles de ser reutilizados y son claramente identificados y almacenados para su posterior comercialización. Ver figura 19.

Debe destacarse que la reutilización es la vía más respetuosa con el Medio Ambiente para recuperar cualquier producto o material y como tal es la primera opción en la jerarquía de recuperación establecida por la Comisión Europea. España cuenta con un mercado muy desarrollado y muy profesional que es también uno de los factores de los altos niveles de recuperación que se alcanzan.



*Figura 19 Almacenes de piezas y componentes a reutilizar. Fuente:  
SIGRAUTO*

El último de los procesos que se lleva a cabo en los centros autorizados de tratamiento es la compactación de los vehículos una vez que han sido descontaminados y desmontados. El fin de este proceso es minimizar el volumen de los vehículos para optimizar el transporte de los mismos hasta las instalaciones de fragmentación. Ver figura 20.



*Figura 20 Compactación de VFUs y almacenamiento en Fragmentadora. Fuente: SIGRAUTO*

## 2.2 Plantas de fragmentación

Las plantas fragmentadoras son grandes instalaciones en las que se procesan gran variedad de materiales como los vehículos fuera de uso descontaminados y desmontados, otras chatarras mixtas, etc., que se introducen en el molino para su tratamiento dependiendo de las necesidades funcionales del mismo.

El proceso que se lleva a cabo en las plantas fragmentadoras consiste en una trituración de los materiales y una separación mediante sistemas magnéticos, neumáticos y manuales para la obtención de diferentes fracciones de salida. Tras la fragmentación de los vehículos fuera de uso se obtienen tres fracciones bien definidas:

- Materiales Férricos y No férricos: Destinados a la industria siderúrgica para su fusión y posterior producción de acero.
- Residuo pesado: Compuesto por gomas, plásticos y materiales metálicos (en su mayoría no férricos).
- Residuo ligero: Compuesto por textiles, espumas y otros.

En España existen 26 plantas fragmentadoras tal y como puede verse en la figura 21, las cuales han suscrito un contrato de colaboración con los fabricantes e importadores de vehículos para adherirse a la red concertada a través de SIGRAUTO.



Figura 21 Mapa distribución plantas fragmentadoras. Fuente: SIGRAUTO

A continuación se explica más en detalle y por etapas el proceso que se lleva a cabo en las plantas fragmentadoras y que de forma esquemática puede verse en la siguiente figura 22 facilitada por la Federación Española de Recuperación (FER).

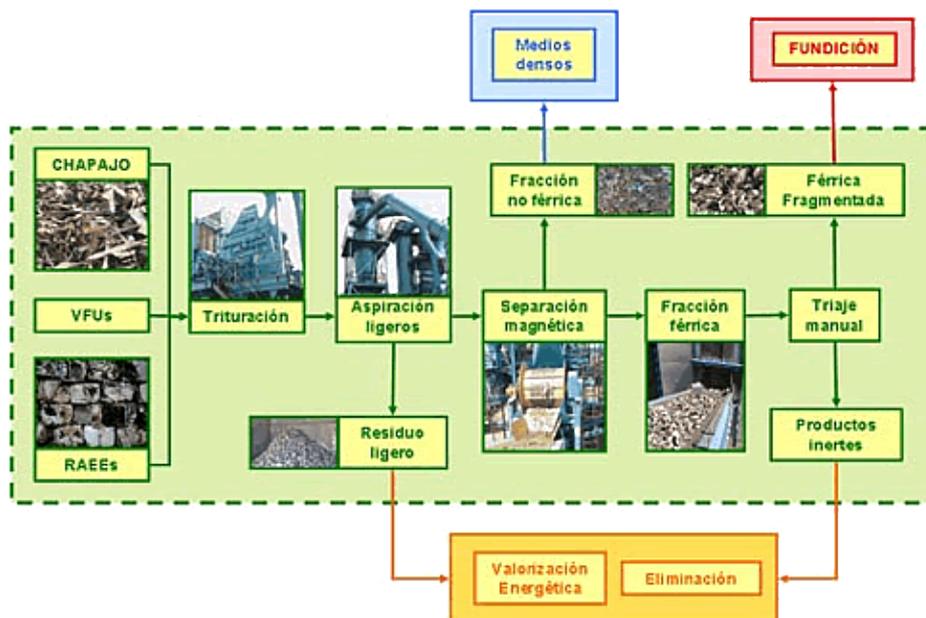


Figura 22 Etapas del proceso de fragmentación. Fuente: FER

Los materiales llegan a las plantas fragmentadoras de diferentes procedencias, siendo mayoritariamente VFUs aunque también se tratan otros productos como electrodomésticos, chatarras mixtas, etc.

Las plantas fragmentadoras cuentan con un sistema de detección de materiales radiactivos ubicado en el acceso principal, y por el cual pasan todos los materiales tanto de entrada como de salida. Una vez realizada la inspección radiológica, se realiza un pesaje de la mercancía mediante báscula a fin de llevar un completo registro administrativo tanto en papel como informático. Ver figura 23.



*Figura 23 Pórtico vigilancia radiológica y báscula. Fuente: FER*

Una vez realizado el pesaje, se realiza la descarga controlada de los materiales en aquellos lugares habilitados para tal fin, así como una inspección visual de la mercancía para comprobar que el contenido es el indicado por el proveedor, identificar la calidad del material y asegurarse que al material no acompañen residuos para los que no se disponga de autorización o no sean ámbito de la actividad. Ver figura 24.



*Figura 24 Descarga de material de entrada- Fuente: FER*

La alimentación de material se realiza mediante un dispositivo de carga constituido, en la mayoría de los casos, por una grúa fija con un brazo articulado de largo alcance que dispone de un pulpo hidráulico en su extremo.

El material se descarga en la boca de entrada de la fragmentadora, que puede estar diseñada de diferentes formas, siendo las más comunes, las tolvas, los transportadores de placas a nivel del suelo y las bandejas basculantes en altura. Ver figuras 25 y 26.



*Figura 25 Detalle transportador de paquetes. Fuente: FER*



*Figura 26 bandeja basculante. Fuente: FER*

Dependiendo del tipo de planta fragmentadora, puede contar con un pre-fragmentador, cuya función es realizar una desmembración previa del material, sobre todo, en el caso en el que sean paquetes prensados.

Una vez cargado el material, este llega hasta los rodillos situados delante de la boca del molino fragmentador. Dichos rodillos atrapan el material aplastándolo en su giro, e introduciéndolo en la cámara de fragmentación de forma controlada.

Dentro de la cámara de fragmentación se encuentra el molino de martillos, que está constituido por un eje central sobre el que se encuentran calados una serie de discos de acero, en cuya periferia se encuentran situados, a través de una serie de taladros, los ejes pasantes sobre los que se colocan los martillos de forma oscilante.

El material, al entrar en el molino, es golpeado por los martillos contra un yunque solidario al bastidor del mismo. Dichos martillos tienen un doble movimiento de giro, el primero solidario al eje central, el segundo sobre su propio eje. Este proceso de fragmentación por golpeo, prosigue hasta que los trozos de material tienen unas dimensiones suficientemente reducidas como para salir por los intersticios de la parrilla situada en la parte inferior de la cámara.

La evacuación del material fragmentado que pasa a través de las parrillas del molino, se realiza mediante una bandeja vibratoria que se encuentra situada bajo las aberturas de salida del molino fragmentador. Ver figura 27.



*Figura 27 Molino de fragmentadora. Fuente: FER*

En esta etapa, mediante un conducto en forma de zig-zag, dotado de una tolva en su parte superior, situada bajo la parte final de la cinta transportadora que conduce el material fragmentado, se produce la separación de los materiales no metálicos ligeros.

El golpeo del material contra las paredes interiores del conducto durante su caída en cascada, produce el desprendimiento de las partículas de material ligero, pasando al flujo de aire de aspiración que circula en contracorriente. Ver figura 28.



*Figura 28 Conductos aspiración residuo ligero. Fuente: FER*

En la salida inferior del conducto, el material es recibido por una bandeja vibratoria que dosifica de manera adecuada al separador magnético el material fragmentado.

El material ligero retirado por la aspiración se deposita en una cinta transportadora que lo conduce hasta la salida, siendo una de las fracciones de salida del proceso, denominada Residuo Ligero (Fluff). Ver figura 29.



*Figura 29 Salida de los estériles y detalle. Fuente: SIGRAUTO*

En la etapa de separación magnética, mediante un tambor magnético, se realiza la separación de los metales férricos del resto de material fragmentado. Ver figura 30.

Los fragmentos de material férrico son atrapados por el campo magnético del imán situado en el interior del tambor, atrayéndolos contra la superficie del mismo, de forma que los arrastra en su giro hasta que a la salida del campo magnético del imán, que sólo ocupa un arco del tambor, caen a una cinta transportadora que los conduce a la zona de selección manual.



*Figura 30 Tambor magnético. Fuente: FER*

La parte no férrica, al no ser atrapada por el tambor magnético, cae a una cinta transportadora que la conduce, según el caso, a la zona de selección manual o al exterior para su apilamiento. Esta fracción de salida se envía a una instalación de medios densos para la separación de los metales que contiene. Ver figura 31.



Figura 31 Salida de las gomas con metales y detalle. Fuente: SIGRAUTO

El material férrico, separado por el tambor magnético, es recogido por una cinta transportadora, que al ser horizontal, y estar dotada de uno o varios puestos de selección manual, permite eliminar los elementos no férricos que puedan haber quedado atrapados junto con el material férrico (cables, piezas de otros metales no liberadas completamente, etc.). Ver figura 32.



Figura 32 Cabina selección manual. Fuente: FER

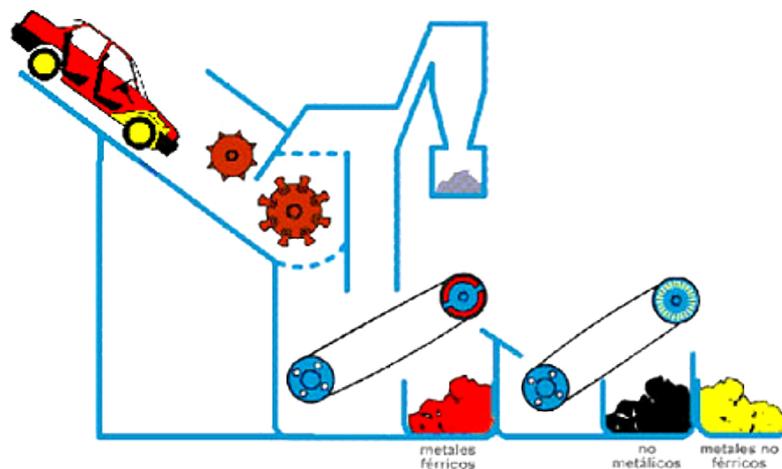


Figura 33 Proceso de fragmentación y corrientes de salida del proceso. Fuente: BIR

Una vez realizado el proceso completo se obtienen las siguientes fracciones de salida:

- Materiales Férricos.
- Materiales No Férricos.
- Residuo Ligero (RLF). Ver figura 34.



*Figura 34 Materiales férricos, materiales no férricos y residuo ligero.*

*Fuente: FER*

El material férrico se envía directamente a la industria siderúrgica para su fusión. Actualmente, la práctica más habitual de gestión para el residuo ligero es su eliminación mediante depósito en vertedero, aunque se están desarrollando técnicas para su reciclado y valorización energética.

Los materiales no férricos procedentes del proceso de fragmentación constituyen el principal producto de entrada de las instalaciones de medios densos, en las que por distintos procesos en medios húmedos y secos se extraen y separan de la mezcla los metales no férricos presentes en el mismo.

### **2.3 Plantas de medios densos (Materiales en su mayoría NO FERRICOS)**

Las plantas de medios densos son instalaciones de la cadena de tratamiento de vehículos al final de su vida útil y otros materiales. En estas plantas se recibe la fracción "Residuo pesado" que se genera en las plantas fragmentadoras y que, como ya se ha comentado, está compuesta por gomas, plásticos y otros materiales metálicos (en su mayoría no férricos).

Esta fracción es sometida a distintos procesos de segregación (cribados, corrientes de inducción, mesas densimétricas, sistemas ópticos, etc.) para obtener por un lado los distintos metales férricos y no férricos (aluminio, cobre, etc.) que son enviados a plantas de fundición y por otro otras fracciones de

materiales no metálicos que se reciclan o se valorizan energéticamente dependiendo de sus características.

España cuenta con 6 plantas de medios densos tal y como puede verse en la figura 35.



Figura 35 Mapa distribución plantas de medios densos. Fuente:  
SIGRAUTO

Cabe mencionar que, además de las seis plantas de medios densos mencionadas, algunas plantas fragmentadoras españolas están incluyendo dentro de sus procesos instalaciones de separación de metales por inducción y otras tecnologías de cara a obtener un mayor aprovechamiento de los metales presentes en los vehículos fuera de uso.

A continuación, explicaremos más en detalle y por etapas el proceso que se lleva a cabo en las plantas de medios densos y que puede verse de forma esquemática en la siguiente figura 36.

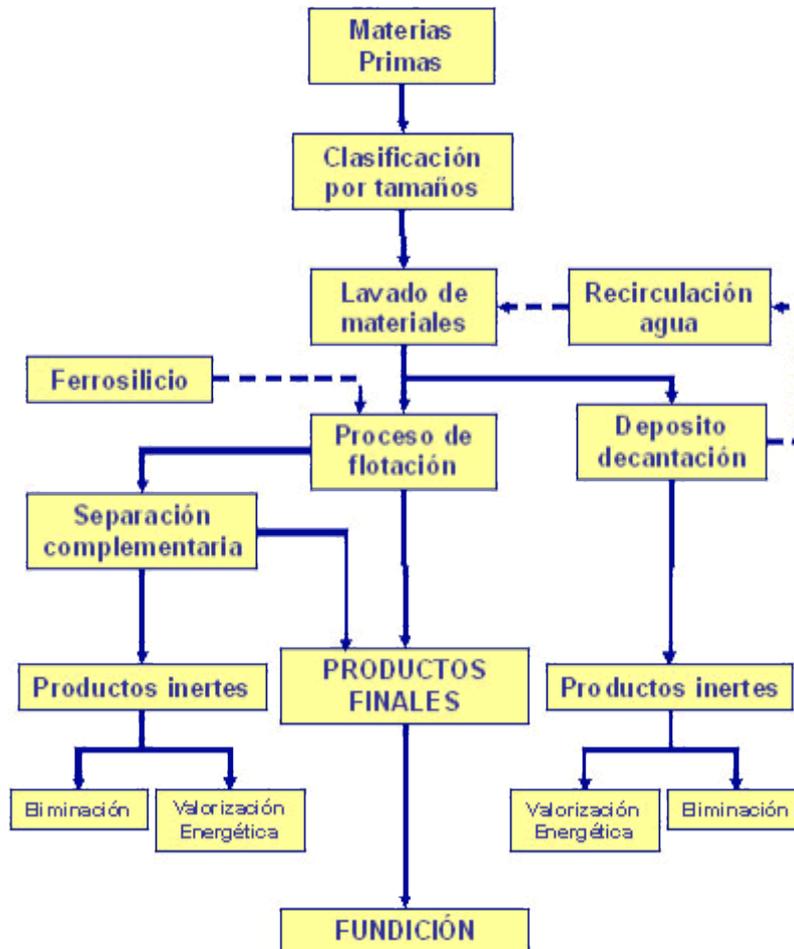


Figura 36 Etapas del proceso de medios densos. Fuente: FER

Los materiales objeto de este proceso, llegan de las instalaciones de fragmentación en camiones de gran capacidad (25 toneladas) con caja cubierta para prevenir su caída. La entrada siempre se realiza a través de la báscula a fin de llevar un completo registro administrativo tanto en papel como informático.

Con el fin de comprobar que el contenido de cada camión es el indicado por los proveedores, siempre se realiza una inspección visual de la mercancía para identificar la calidad del material y que no lo acompañen residuos que no sean inherentes a la actividad.

El almacenamiento de materias primas se realiza en zonas habilitadas y acondicionadas para ello. Por regla general esta operación se realiza a la intemperie para facilitar las operaciones de descarga de los transportes y carga de los equipos que forman parte del proceso, no obstante estas zonas, en muchos casos, están protegidas de la acción del viento. Ver figura 37.



*Figura 37 Almacenamiento de material de entrada. Fuente: FER*

En la etapa de clasificación granulométrica realiza una selección por tamaños de todos los materiales presentes en la alimentación del proceso. Esta operación se realiza mediante un trómel, que está compuesto por un cilindro horizontal levemente inclinado con perforaciones en sus paredes, estas perforaciones van aumentando de tamaño según nos desplazamos longitudinalmente hacia el final del cilindro. Esto permite hacer la clasificación por tamaños de los materiales que lo atraviesan. Ver figura 38.

Obtenidos los diferentes cortes granulométricos (3 ó 4 tamaños) del material de entrada, estos pueden ser sometidos a un nuevo proceso de afino, bien por tiraje manual en los de mayor tamaño, o por procesos de criba en los de menor tamaño. Todos estos materiales, una vez realizada la primera clasificación, son almacenados de manera separada para ser introducidos en la siguiente etapa del proceso.

La siguiente etapa es la de lavado y clasificación donde se busca la eliminación de cauchos, gomas y plásticos, y otros materiales inertes de este tipo de entre los diversos cortes granulométricos obtenidos en la clasificación anterior.

La separación de los materiales inertes de los metálicos se realiza mediante el empleo de una corriente de agua de proceso que circula en contracorriente con la alimentación de materiales, procediéndose a la separación en dos corrientes, una compuesta por los materiales metálicos y la otra compuesta por cauchos, gomas y materiales de este tipo junto con el agua de alimentación.



Figura 38 Etapa clasificación de materiales. Fuente: FER

En la salida de la corriente metálica, mediante un tambor magnético, se separan aquellos materiales férricos que no fueron seleccionados previamente en el proceso de fragmentación.

La separación de los diferentes tipos de metales incluidos en la corriente metálica se realiza mediante el empleo de dos tecnologías diferentes, denominadas: “Medios densos” y “Corrientes inducidas”.

**1-Medios Densos:** En este proceso se incluyen dos fases de selección por densidades con las mismas características constructivas y de funcionamiento, la diferencia entre ambas radica en la diferente densidad del líquido utilizado para el procesamiento del material. Ver figura 39.

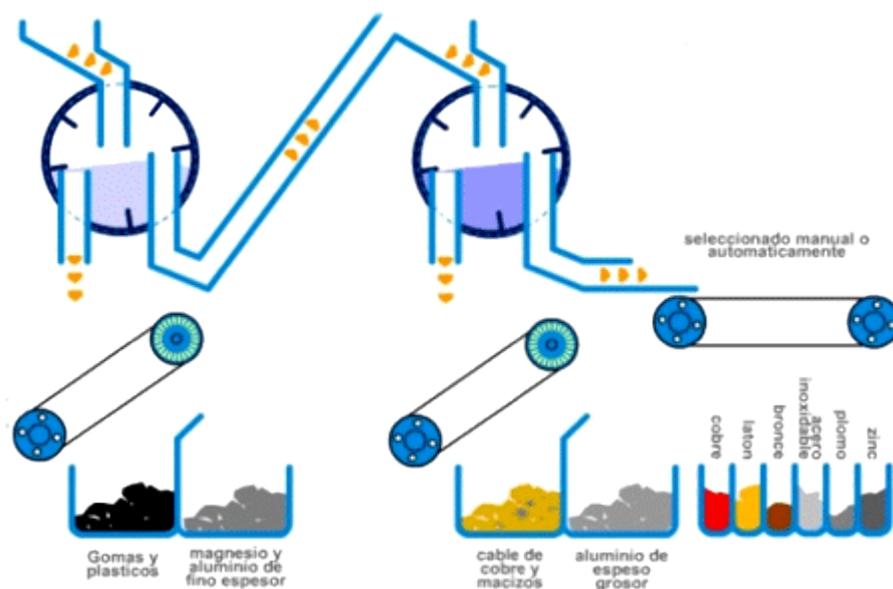


Figura 39 Proceso de medios densos y fracciones de salida de materiales. Fuente: BIR

La tecnología de “Medios Densos” está basada en la aplicación, dentro de un tambor cilíndrico, de la diferencia de densidad de los materiales que componen la corriente de alimentación del proceso y el líquido presente en cada fase. Esta diferencia de densidades provoca una separación de los materiales en dos corrientes de salida, los *flotados* y los *hundidos*.

Para realizar la separación de los materiales, se utiliza una suspensión de ferrosilicio sólido en agua, ajustada a una densidad adecuada, para realizar la correcta separación.

Los *flotados*, son todos aquellos materiales que tienen una densidad menor que la del líquido utilizado en el proceso, esta línea es evacuada del tambor cilíndrico y sometida a un lavado para eliminar las partículas de ferrosilicio que pudieran ir adheridas superficialmente a los materiales. Una vez lavados, son depositados en la cinta de evacuación de productos flotados para un posterior tratamiento, o envío a fundición.

Los *hundidos* son aquellos materiales que precipitan y se hunden debido a que poseen una mayor densidad al líquido del proceso.

Este proceso, como se ha comentado anteriormente, es el mismo en las dos fases de medios densos, con la única diferencia de la densidad del líquido utilizado para la separación, de mayor densidad en esta segunda fase, siendo la fracción de hundidos de la primera fase la corriente de entrada de la segunda.

Los materiales obtenidos, se envían al proceso de corrientes inducidas, en caso de que se considere necesario, o bien, son almacenados para su posterior envío al destino final; las fundiciones en el caso de los metales, y el vertedero o la valorización energética la fracción de inertes.

**2-Corrientes inducidas:** Este proceso se basa en el aprovechamiento de las características magnéticas y no magnéticas de los diversos materiales que componen la alimentación del proceso.

Mediante la inducción magnética, los materiales metálicos al llegar al final de una cinta transportadora, son desplazados a un punto más alejado del de descarga de los materiales inertes. Ver figura 40.

Este proceso puede ser complementario para algunas de las fracciones procedentes de etapas anteriores, según las condiciones de riqueza y limpieza de los materiales en cada caso.



*Figura 40 Inductor magnético. Fuente: FER*

A continuación mostramos imágenes de las fracciones con aprovechamiento obtenidas tras el paso del material por los distintos procesos de las plantas de medios densos. Figuras 41 a 54.



*Figura 41 Gomas. Fuente:  
SIGRAUTO*



*Figura 42 Detalle gomas.  
Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 43 Metales no  
ferricos entre 40 y 80 mm.  
Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 44 Detalle. Fuente:  
SIGRAUTO*



*Figura 45 Metales no  
fèrricos entre 20 y 40 mm.  
Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 46 Detalle. Fuente:  
SIGRAUTO*



*Figura 47 Metales no  
fèrricos menos de 20mm.  
Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 48 detalle de  
circuitos impresos. Fuente:  
SIGRAUTO*



*Figura 49 Aluminio. Fuente:  
SIGRAUTO*



*Figura 50 Acero inoxidable.  
Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 51 Detalle del Cable.*

*Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 52 Detalle metal*

*fèrrico. Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 53 Detalle de los  
radiadores de aire acondicionado.*

*Fuente: SIGRAUTO*



*Figura 54 Detalle del latón/bronce.*

*Fuente: SIGRAUTO*

## C - PROCESO DE FABRICACIÓN DE CEMENTO VALORIZANDO RESIDUOS DEL AUTOMOVIL

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

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

El sector cementero español utilizó en el año 2007 unas 350.000 toneladas de residuos como combustibles alternativos, que supusieron el 6,4% del consumo térmico de los hornos de clinker.

En la actualidad existen 37 fábricas integrales (con hornos de clinker) de cemento distribuidas por todo el territorio. Las 37 plantas pertenecen a 13 grupos cementeros muchos de ellos multinacionales. Podemos ver su ubicación en la figura 55 y la tabla 1.



Figura 55 Mapa de la ubicación de las fabricas de cemento de las empresas asociadas a Oficemen. Fuente: OFICEMEN

CEMENTOS ALFA, S.A.	1
CEMENTOS BALBOA	2
CEMENTOS COSMOS, S.A.	3 4
CEMENTOS MOLINS INDUSTRIAL, S.A.	5
CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	6 7 8 9
CEMEX ESPAÑA, S.A.	10 11 12 13 14 15 16 17
HOLCIM ESPAÑA, S.A.	18 19 20 21 22 23
LAFARGE ASLAND, S.A.	24 25 26
LEMONA INDUSTRIAL, S.A.	27
S.A. TUDELA VEGUIN	28 29 30
SDAD. DE CEMENTOS Y MATERIALES DE ANDALUCÍA	31 32
SDAD. FINANCIERA Y MINERA	33 34 35
UNILAND CEMENTERA, S.A.	36 37

Tabla 1 Tabla de la ubicación de las fabricas de cemento de asociados a Oficemen. Fuente: OFICEMEN

La localización de estas plantas se corresponde de forma clara con las plantas fragmentadoras y de medios densos tal y como puede comprobarse si se observan los mapas de distribución de ambos tipos de instalación.

### 3.1 Proceso de fabricación del clinker/cemento

La fabricación del cemento es una actividad industrial de procesamiento de minerales que se divide en cinco etapas básicas cuyos procesos se van a exponer a continuación:

#### a) Obtención de materias primas

El proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención de las materias primas necesarias para conseguir la composición deseada de óxidos metálicos para la producción de clinker. Ver figura 56.

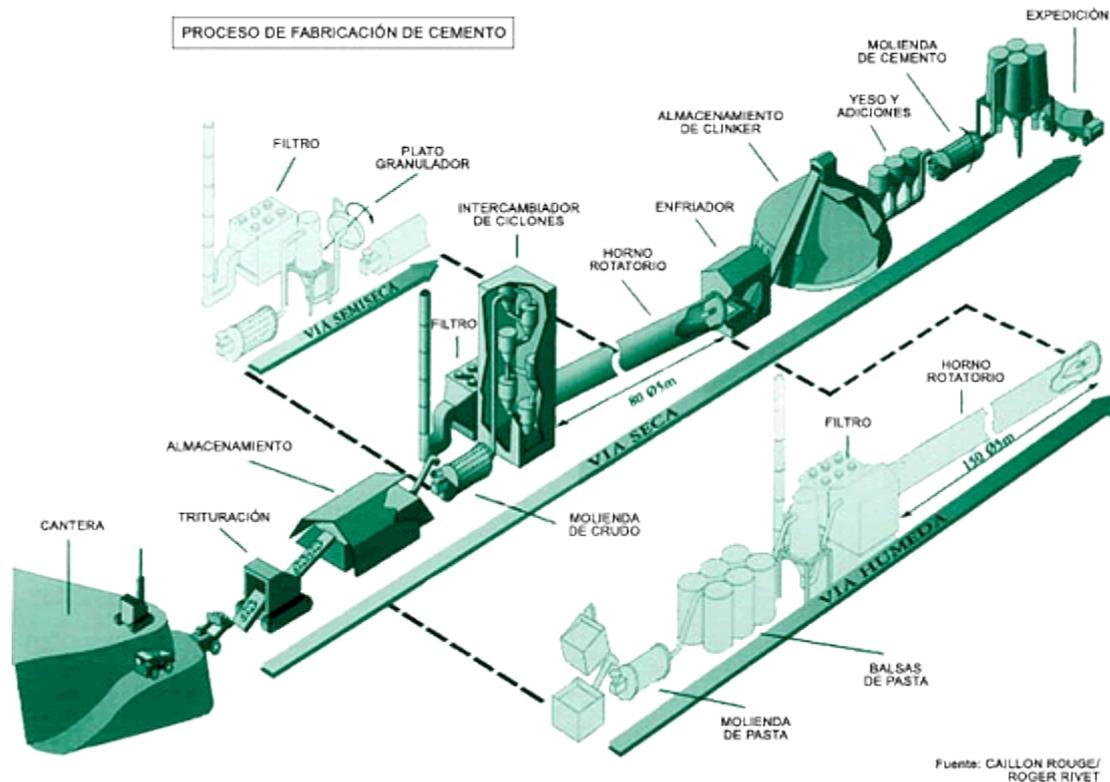


Figura 56 Esquema del proceso de fabricación del cemento. Fuente: OFICEMEN

En algunos casos la roca es sometida a un proceso de trituración y clasificación mediante cribado en la propia explotación. La industria extractiva ha adquirido un alto grado de capacidad técnica para obtener áridos con características variadas (en tamaño forma, pureza), lo que es importante para obtener productos de calidad.

La mayor parte de los minerales de partida empleados en la fabricación de cemento son de origen natural y se extraen de explotaciones mineras, normalmente a cielo abierto. Minerales de partida naturales:

- Caliza y margas para el aporte de CaO.
- Arcilla y pizarras para el aporte del resto de óxidos.

Los correctores permiten ajustar la composición de óxidos mediante la adición de pequeñas cantidades. Son correctores:

- De origen natural: bauxita para el aporte de alúmina, arena para el aporte de sílice.

- De origen artificial: residuos procedentes de otras actividades industriales como: arenas de fundición, cenizas de piritas, escorias, cenizas de procesos térmicos, cascarilla de hierro, etc.

También se utilizan otros residuos que aportan óxidos de calcio tales como espumas de azúcares, lodos de papeleras y otros. Si desea conocer más detalles sobre la utilización de residuos, consulte el apartado "Utilización de residuos: Reciclado y valorización".

La extracción de casi todas las materias primas naturales se realiza en canteras y minas. Los materiales para la fabricación del cemento se obtienen normalmente en canteras a cielo abierto. Las operaciones de extracción incluyen perforación de rocas, voladuras, excavaciones, acarreo y trituración. Ver figura 57.

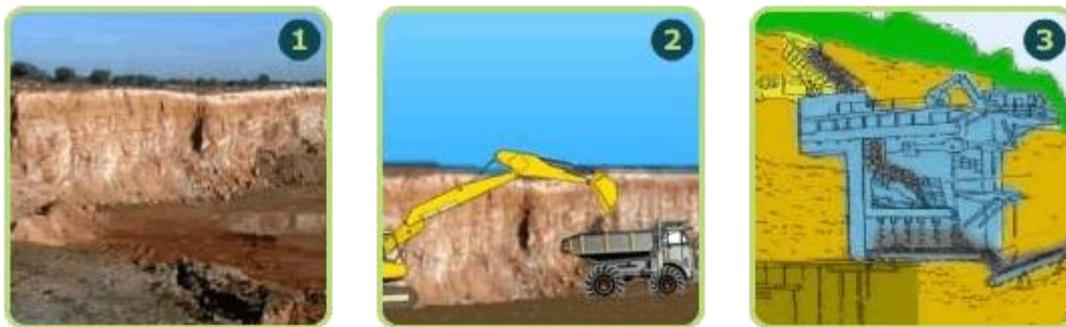


Figura 57 Proceso de extracción en canteras. Fuente: OFICEMEN

Las materias primas son transportadas a la fábrica de cemento, donde se descargan para su almacenamiento. Cuando el material de la cantera es homogéneo los sistemas de apilamiento y extracción son más simples. Cuando el material de la cantera varía en su calidad se debe realizar una prehomogeneización. La prehomogeneización realizada mediante diseños adecuados del apilamiento y la extracción de los materiales en los almacenamientos, reduce la variabilidad natural de los mismos.

#### b) Molienda de materias primas

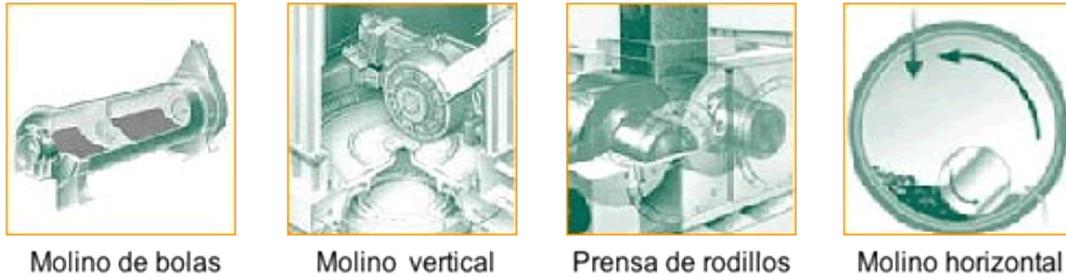
Como ya hemos comentado, las materias primas (de distinto origen), se mezclan para obtener la composición de óxidos adecuada para la fabricación de cemento.

La mezcla se muele antes de entrar en el horno de clinker:

La finalidad de la molienda es reducir el tamaño de las partículas de las materias primas para que las reacciones químicas de cocción en el horno puedan realizarse de forma adecuada.

La molienda se realiza en equipos mecánicos rotatorios, en los que la mezcla dosificada de materias primas es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas. Ver figura 58.

Existen los siguientes tipos:



Molino de bolas

Molino vertical

Prensa de rodillos

Molino horizontal

*Figura 58 Tipos de molino para la molienda de las materias primas del cemento. Fuente: OFICEMEN*

El material obtenido debe ser homogeneizado para garantizar la calidad del clinker y la correcta operación del horno.

La mezcla ya molida se conoce como crudo o harina y se almacena previamente a su alimentación al horno de clinker.

#### c) Cocción de materias primas

En función de cómo se procesa el material antes de su entrada en el horno de clinker, se distinguen cuatro tipos de proceso de fabricación: vía seca, vía semi-seca, vía semi-húmeda y vía húmeda. La tecnología que se aplica depende fundamentalmente del origen de las materias primas. El tipo de caliza y de arcilla y su contenido en agua (desde el 3% para calizas duras hasta el 20% para algunas margas), son los factores decisivos.

Esta parte del proceso es decisiva para la calidad del producto y el coste. Para la fabricación del clinker, el crudo se seca, se precalienta, se calcina y se sinteriza (se calienta sin llegar a su fusión total) para producir clinker. En todos los casos, el material procesado en el horno rotatorio alcanza una temperatura en torno a los 1.450°C.

En la actualidad, en torno al 78% de la producción de cemento de Europa se realiza en hornos de vía semi-seca o semi-húmeda; y un 6% de la producción europea se realiza mediante vía húmeda. En España casi toda la producción de cemento se realiza en hornos de vía seca.

### Proceso de vía seca:

La materia prima es introducida en el horno en forma seca y pulverulenta.

El sistema del horno comprende una torre de ciclones para el intercambio de calor en la que se precalienta el material en contacto con los gases provenientes del horno.

El proceso de descarbonatación de la caliza (calcinación) puede estar casi completado antes de la entrada del material en el horno si se instala una cámara de combustión a la que se añade parte del combustible (precalcinador).

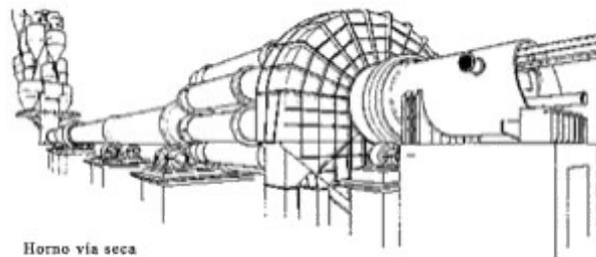
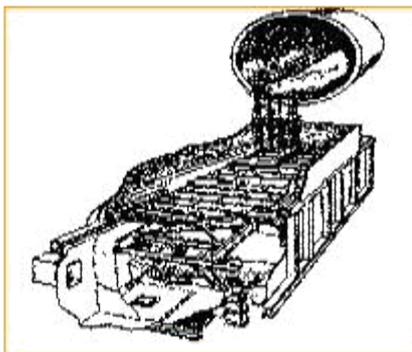


Figura 59 Horno de vía seca. Fuente: OFICEMEN

Al abandonar el horno, la mezcla es enfriada bruscamente en enfriadores de satélite o de parrillas obteniéndose de esta forma el clinker. Ver figura 60.



Vista interior de enfriador de parrilla



Vista exterior de enfriadores satélites

Figura 60 Vista interior y exterior de diferentes tipos de enfriadores.

Fuente: OFICEMEN

### Combustibles:

Para alcanzar la temperatura de cocción se queman en el horno combustibles, previamente molidos en instalaciones similares a las utilizadas en la molienda de crudo. Se pueden emplear diversos combustibles para proporcionar la energía

térmica requerida por el proceso. Hoy en día, se emplean cuatro tipos diferentes de combustibles en Europa, por orden de importancia son:

1. Coque de petróleo y/o carbón pulverizado.
2. Residuos orgánicos.
3. Fuelóleo pesado.
4. Gas natural.

Los principales combustibles utilizados en España son:

1. Combustibles convencionales: Coque de petróleo y carbón. En el año 2006 constituyeron un **94,6%** del consumo térmico de los hornos de clinker.
2. Combustibles alternativos: Harinas y grasas animales, neumáticos usados, serrines, disolventes y similares, residuos vegetales, aceites usados y minerales, residuos de la industria del petróleo, lodos de depuradora y plásticos. En el año 2006, constituyeron un **5,4%** del total del consumo térmico en los hornos de clinker.

El empleo de combustibles alternativos (residuos) es una práctica extendida en la mayoría de los países desarrollados desde hace más de 20 años.

#### d) Molienda de cemento

El proceso de obtención de cemento termina con la molienda conjunta de clinker, sulfatos (yeso y anhidrita) y otros materiales denominados "adiciones" (puzolanas naturales y caliza) y "aditivos".

Al igual que en la fase de obtención de materias primas para la fabricación de clinker, en esta fase se pueden utilizar residuos que sustituyen a los sulfatos y a las adiciones naturales:

#### Sulfatos:

Se emplea yeso artificial recuperado de los procesos de limpieza de gases de otras industrias, en sustitución del yeso obtenido de explotaciones mineras.

#### Adiciones:

Como adiciones del cemento, las principales, son las cenizas volantes, humo de sílice y la escoria granulada de alto horno.

La molienda de cemento se realiza en equipos mecánicos similares a los utilizados en la molienda de clinker. En estos equipos, la mezcla de materiales es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas.

#### e) Almacenamiento y expedición

Una vez obtenido el cemento se almacena en silos para ser ensacado o cargado a granel y transportado.



Almacenamiento ensacado



Almacenamiento en silos

*Figura 61 Diferentes métodos de almacenamiento del cemento.*

*Fuente: OFICEMEN*

### 3.2 Uso de los residuos: reciclado y valorización

El proceso de fabricación de cemento permite la incorporación de ciertos tipos de residuos y subproductos en las primeras etapas del proceso, posibilitando así el reciclado y la valorización energética de materiales que otras actividades industriales han considerado residuos y evitando su eliminación mediante depósito en vertedero.

Así pues, existen tres vías distintas de utilización de residuos y subproductos:

Aplicable a residuos inorgánicos: Empleo de residuos en la preparación inicial de las materias primas o "crudo", en la primera etapa de fabricación del cemento (obtención y preparación de materias primas)

Empleo de residuos como componentes del cemento en la tercera etapa de fabricación del cemento (molienda de cemento)

Aplicable a residuos orgánicos. Utilización de residuos y subproductos como combustibles en la segunda etapa de fabricación del cemento (cocción de clínker)

### 3.2.1 Residuos utilizados como materia prima para la preparación del crudo

Ya conocemos el proceso de fabricación del cemento y en qué etapas del mismo es posible utilizar residuos. En este apartado, trataremos sobre los residuos utilizados como materia prima en la preparación del crudo durante la primera de las etapas del proceso de fabricación.

El proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención, mezcla y molienda de las materias primas necesarias para conseguir la composición adecuada de óxidos metálicos para la producción de clínker.

Óxido de calcio "cal" (CaO)	60%-69%
Óxido de silicio "sílice" (SiO <sub>2</sub> )	18%-24%
Óxido de aluminio "alúmina" (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4%-8%
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1%-8%

Tabla 2 Composición del clínker. Fuente: OFICEMEN

Esta composición se obtiene de los minerales de partida y los correctores, los cuales añadidos en pequeñas cantidades permiten ajustar la composición de óxidos.

Como correctores se pueden utilizar sustancias de origen natural (como bauxita, arena), o residuos procedentes de otras actividades industriales (arenas de fundición, cenizas de piritas, escorias, cenizas de procesos térmicos, cascarilla de hierro, etc.). También se utilizan otros residuos que aportan óxidos de calcio tales como espumas de azucareras, lodos de papeleras y otros.

De los 59,17 millones de toneladas de materias primas que se consumieron en 2006, 5,83 millones procedían de residuos, el equivalente a 90 estadios de fútbol.

Para que podamos utilizar un residuo en la preparación del clínker, éste debe cumplir los siguientes requisitos:

- En su composición deben aparecer de forma mayoritaria alguno o varios de los óxidos que componen el clínker.
- No deben contener sustancias que perjudiquen el proceso ni produzcan impactos adicionales sobre el medio ambiente.

- Y por último, no deben alterar las cualidades y prestaciones del cemento.

Para asegurarse de que los residuos que vamos a incorporar al proceso cumplen todos los requisitos necesarios, en las fábricas de cemento se realizan una serie de controles de las concentraciones de los siguientes componentes de los residuos:

- **Materia orgánica:** si los residuos tienen altos contenidos de materia orgánica, durante el calentamiento en el proceso de cocción, se incrementarían las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono (CO).
- **Metales pesados** (como arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo, zinc): al igual que en el caso anterior, a mayor contenido de metales pesados en los residuos, mayores emisiones a la atmósfera de estos compuestos. Además, los metales pesados tienen otro efecto negativo: afectan a la calidad del cemento.
- **Compuestos de cloro y flúor:** la presencia de este tipo de compuestos afecta a la operación del horno y a la durabilidad del hormigón y, además, puede originar emisiones a la atmósfera de estos compuestos.

### 3.2.2 *Residuos utilizados como componente del cemento*

Como hemos visto, los residuos y subproductos se pueden utilizar en la fase de molienda del clinker junto con otros minerales para dar lugar al cemento.

En esta etapa, el clinker se muele conjuntamente con sulfato de calcio (yeso y anhidrita), que es un regulador del fraguado, y con aditivos y adiciones. Estas adiciones permiten reducir la cantidad de clinker necesario para la fabricación de cemento y le aportan una serie de características que mejoran sus prestaciones: durabilidad, trabajabilidad, retención de agua, resistencia mecánica, resistencia a sulfatos, resistencia al hielo, etc.

Existen normas españolas y europeas que regulan que materiales se pueden utilizar como componentes del cemento. Estas normas también especifican que residuos pueden utilizarse como adiciones:

- Escorias de horno
- Humo de sílice (proveniente del procesado de minerales silíceos y ferroaleaciones)

- Cenizas volantes de sílice o calcio (de la combustión del carbón en instalaciones de generación de energía eléctrica)
- Esquistos calcinados
- Puzolanas industriales

Las adiciones más empleadas en España son las escorias de alto horno y las cenizas volantes.

En 2006, la cantidad de escorias de alto horno y cenizas volantes utilizadas como adiciones alcanzó la cifra de 4.770.000 toneladas, evitándose con ello:

- La explotación de recursos naturales equivalente a más de 4 años de explotación de una cantera (menos clinker = menos consumo de materias primas para su fabricación)
- El consumo de más de 380.000 toneladas equivalentes de petróleo para la fabricación de clinker (menos clinker = menos consumo de combustibles)
- La emisión de más de 4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (menos consumo de combustibles y menos clinker = menos emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles y de la descarbonatación de materias primas)

No obstante, a pesar de las ventajas ambientales que tiene la incorporación de un mayor contenido de adiciones durante la molienda, no es posible incorporar una cantidad ilimitada ya que el porcentaje de adiciones influye en las características del cemento. Por tanto, es preciso ajustar la cantidad introducida en función del uso final que se le quiera dar al cemento.

No sólo se pueden utilizar residuos como adiciones. Además, el sulfato de calcio, que normalmente proviene de yeso natural obtenido en canteras, también se puede obtener de los residuos de la desulfuración de los gases de centrales térmicas de carbón.

En 2006, la industria cementera española empleó cerca de 300 toneladas de yeso artificial procedente de la desulfuración de gases de otras industrias, en sustitución del yeso obtenido en canteras.

Valorización energética de residuos:

Para fabricar una tonelada de cemento se necesitan cerca de 100 kg de combustible y algo más de 100 kWh de electricidad.

Ya hemos visto que los procesos de molienda y cocción a altas temperaturas, necesarios para la fabricación del cemento, requieren importantes cantidades de energía térmica (combustibles) y electricidad, que suponen en torno al 30% de los costes de producción. Por ello, el sector cementero español apuesta decididamente por:

- La reducción del consumo energético necesario para la fabricación del cemento, y de sus costes, mediante:
  - La mejora de la eficiencia energética de los equipos de producción.
  - La investigación y potenciación de cementos con adiciones, que requieren para su fabricación de una menor cantidad de clinker, y como consecuencia de combustibles.
- La utilización de ciertos residuos y subproductos como combustibles (valorización energética), con lo que se consigue un ahorro de recursos no renovables.

Valorizar energéticamente un residuo consiste en aprovechar la energía calorífica contenida en el mismo para un proceso existente: la cocción del clinker. Para ello, se quema el residuo y se recupera el calor de la combustión.

Los residuos que pueden ser valorizados energéticamente son aquellos que tienen en su composición materia orgánica (compuesta por carbono e hidrógeno), que cuando se oxida con el oxígeno del aire, aporta el calor de combustión.

Los combustibles alternativos más utilizados son harinas y grasas animales, neumáticos usados, serrines, disolventes y similares, residuos vegetales, aceites usados, residuos de la industria del petróleo, lodos de depuradora, plásticos, etc.

### 3.2.3 *Combustión en el horno de clinker*

Las emisiones a la atmósfera provenientes del horno de clinker tienen su origen en las reacciones químicas y físicas provocadas por la cocción de las materias primas, y en los procesos de combustión de las sustancias utilizadas como combustibles.

La combustión tanto de los combustibles fósiles como de los residuos en el horno de clinker tienen lugar en una o dos zonas, en función de la tecnología empleada.

- En la zona de calcinación, donde se produce la descarbonatación de la caliza. Puede o no existir combustión en ella, y su ubicación concreta dependerá del

tipo de horno. La combustión, cuando la haya, alcanza temperaturas cercanas a 1.200 °C.

- En el mechero o quemador principal, situado en la parte más baja de todos los hornos (próximo a la salida del clinker). La llama alcanza una temperatura cercana a los 2.000 °C, permitiendo completar las reacciones de formación del clinker.

Las características del horno de clinker aportan unas garantías ambientales para la valorización de los residuos:

- Los gases de combustión permanecen durante largos periodos de tiempo a temperaturas muy altas (hasta 2.000 °C) y en una atmósfera rica en oxígeno, condiciones en las que los compuestos orgánicos contenidos en el residuos son destruidos, dando lugar a emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O). Se evitan de esta forma las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) y dioxinas y furanos (PCDD y PCDF).
- Los gases ácidos (sulfurosos y halogenados) que se forman en la combustión cuando los residuos contienen cloro o azufre, se neutralizan con la materia prima alcalina, formando sales inorgánicas que se incorporan al clinker, con lo que se evita su emisión a la atmósfera.
- Los metales pesados que pueden estar contenidos en los residuos quedan retenidos en su mayor parte en el clinker, evitándose su emisión a la atmósfera.
- Las cenizas procedentes de la quema de los residuos se incorporan al producto, el clinker, por lo que no se genera ningún tipo de residuo.
- Por último, en general, la fabricación de clinker en el horno no genera ningún tipo de vertidos de aguas residuales.

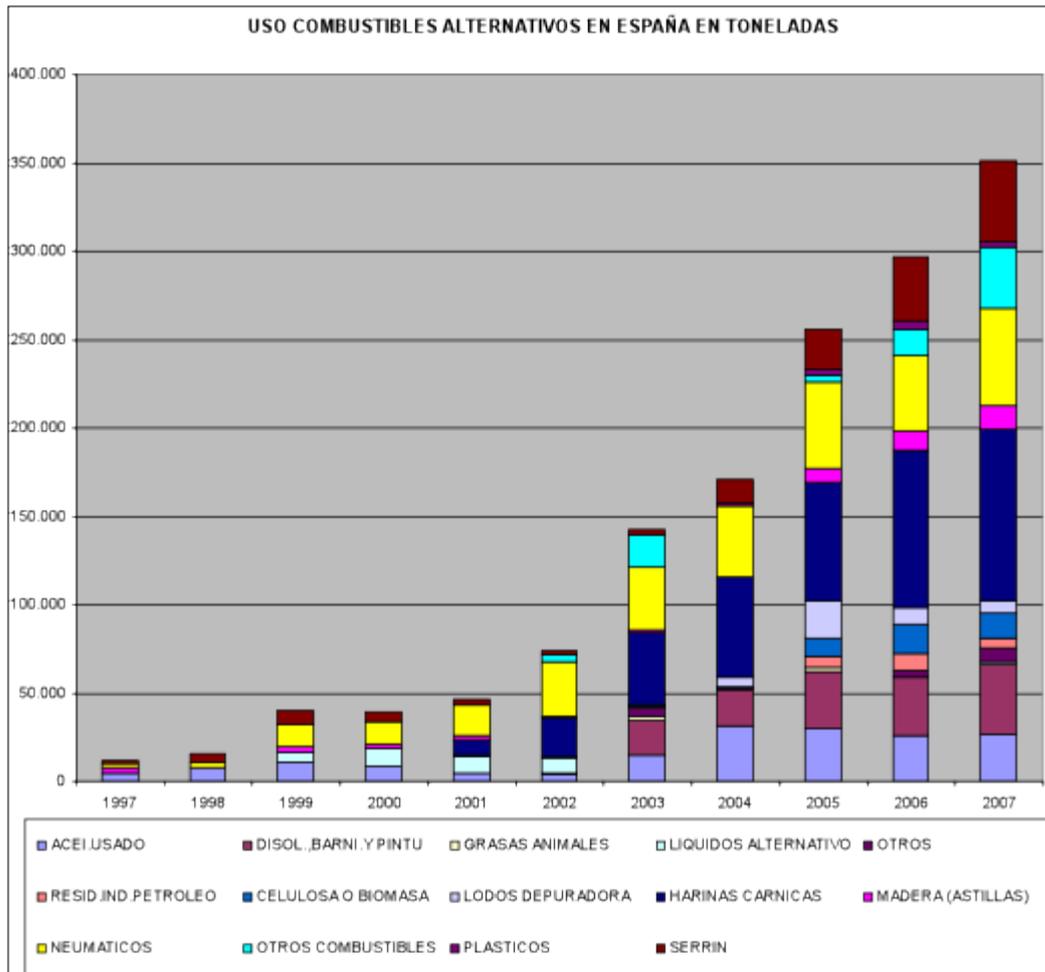


Figura 62 Uso de combustibles alternativos en España en toneladas.

Fuente: OFICEMEN

### Limitaciones en la utilización de combustibles alternativos

Lo primero que una fábrica de cemento debe tener en cuenta cuando quiere utilizar un residuo como combustible, es que debe garantizar que, si se utilizan residuos como combustible, no se perjudicará el medio ambiente, la operación de la fábrica o la calidad del cemento.

Para ello, debe tener en cuenta una serie de limitaciones que, aunque en último término dependen de cada instalación concreta, son, en general, las siguientes:

- El contenido en cloro en el cemento está limitado al 0,1% en peso y, además, puede formar sales que causan pegaduras y atascos en los ciclones. Por ello, es necesario controlar y limitar el contenido en cloro de los residuos utilizados como combustible.

- Los metales más volátiles, el mercurio (Hg) y el talio (Tl), que pueden encontrarse en los residuos, deben ser controlados y vigilados, ya que son emitidos a la atmósfera.
- Aunque no hay limitaciones tecnológicas que lo justifiquen, las empresas cementeras no utilizan residuos orgánicos de origen sanitario u hospitalario.
- Y tampoco pueden tratarse residuos radiactivos.

#### Normativa sobre el uso de residuos en fábricas de cemento

La Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos constituye el marco legal general sobre los residuos. El objetivo de esta Ley es, en primer lugar, prevenir la producción de residuos y, después, fomentar, por este orden, la reducción, reutilización, reciclado y otras formas de valorización de los residuos.

La Ley define la valorización de residuos como “todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos” y la eliminación como “todo procedimiento dirigido al vertido de los residuos o a su destrucción total o parcial”. La Orden MAM/304/2002, que enumera las operaciones de eliminación y valorización de residuos, incluye entre estas últimas la utilización principal de residuos como combustible (por ejemplo, en hornos de clínker). Las operaciones de incineración sin recuperación o aprovechamiento de energía, sin embargo, se encuentran incluidas entre las operaciones de eliminación.

De acuerdo con esta Ley, los poseedores de residuos están obligados, salvo que procedan a gestionarlos por sí mismos o que se trate de residuos municipales, a entregarlos a un gestor de residuos para su valorización o eliminación. En su art. 11 especifica que:

Además de la Ley 10/1998, otras normas legales que afectan al uso de residuos como combustibles en las fábricas de cemento:

- Ley 16/2002, sobre Prevención y Control Integrados de la Contaminación (Ley IPPC), que exige que las fábricas de cemento incluidas en su ámbito de aplicación, cuenten con una Autorización Ambiental Integrada, que incluye las obligaciones relativas a la valorización de residuos.
- Real Decreto 1481/2001, que regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Este Real Decreto prohíbe el vertido de neumáticos enteros y troceados, así como el vertido de residuos sin tratar, ya que, una vez tratados, su reciclaje o valorización energética se ve facilitada. Además, se fija como objetivo que la cantidad total de residuos urbanos biodegradables

destinados a vertedero en 2009 no superará el 50% de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1995. Este porcentaje se reduce al 35% en 2016.

El marco legal particular en materia de uso de residuos como combustibles lo constituye el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos, que transpone la Directiva europea 76/2000/CE.

Este Real Decreto se aplica a cualquier instalación en la que se realice un tratamiento térmico de los residuos, por ejemplo, las instalaciones de fabricación de productos materiales o de generación de energía que utilicen residuos como combustible.

El Real Decreto distingue dos tipos de instalaciones: las incineradoras y las co-incineradoras. Estas últimas se definen como las instalaciones cuya finalidad principal sea la generación de energía o la fabricación de productos materiales y que utilice residuos como combustibles. Por tanto, entre las co-incineradoras se encuentran aquellas cementeras que utilicen residuos como combustibles (valorización energética).

Entre los principales requisitos recogidos por este Real Decreto se encuentra el hecho de que las instalaciones que deseen co-incinerar deberán contar con una autorización para ello. Esta autorización, en las actividades incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley IPPC, estará incluida en la Autorización Ambiental Integrada.

La autorización como instalación de co-incineración, otorgada por la Comunidad Autónoma, indicará:

- Los residuos y las cantidades de éstos autorizados a co-incinerar.
- La capacidad de co-incineración de la instalación (total y por horno).
- Los procedimientos de medición de los contaminantes emitidos a la atmósfera como consecuencia de la co-incineración.
- Información más específica en caso de que se co-incineren residuos peligrosos.

Además, este Real Decreto recoge los controles que se deben realizar en la instalación para asegurar que los residuos recibidos se ajustan a lo especificado en la autorización, así como las condiciones de funcionamiento de las instalaciones (temperaturas que deben mantenerse en las cámaras de combustión, etc).

Por último, fija los valores límite de emisión de contaminantes a la atmósfera aplicables a las instalaciones de coincineración. La comprobación de que las cantidades emitidas a la atmósfera de cada uno de los contaminantes no supera los límites establecidos en el Real Decreto debe realizarse mediante mediciones en continuo o periódicas. En este sentido, el Real Decreto impone la obligación de instalar equipos de medición en continuo, realizar mediciones periódicas con una determinada periodicidad, etc. Si la fábrica está afectada por la Ley IPPC, en su Autorización Ambiental Integrada estarán definidos tanto los valores límite de emisión de contaminantes a la atmósfera como los controles y mediciones que debe realizar para comprobar su cumplimiento.

Beneficios del reciclado y la valorización de residuos:

Hemos visto que el proceso de fabricación de cemento permite la incorporación de ciertos tipos de residuos y subproductos, posibilitando así el reciclado y la valorización energética de materiales que otras actividades industriales han considerado residuos. Igualmente, hemos visto que estas actuaciones presentan una serie de beneficios ambientales y económicos para las empresas cementeras y la sociedad en general que se resumen en el siguiente cuadro:

Menor explotación de los recursos naturales, ya que se produce un ahorro en el consumo de materias primas y combustibles fósiles debido a que:

- Se sustituyen materias primas por residuos en la fabricación del clinker y del cemento (adiciones).
- Al fabricar cemento con mayor contenido en adiciones (que pueden ser distintos tipos de residuos) se logran cementos con menor contenido en clinker y por tanto, se necesita menor cantidad de materias primas para su fabricación.
- Se sustituyen combustibles fósiles por residuos como fuente de energía.
- Con la reducción de la cantidad de clinker necesaria para fabricar el cemento, se disminuye la cantidad de combustible necesaria.
- Reducción de las emisiones a la atmósfera, al sustituir parte del combustible tradicional por residuos que, de no ser utilizados en el horno de clinker, serían incinerados en instalaciones específicas o fermentados en vertederos. Además, al utilizar residuos descarbonatados (cenizas de pirita, arenas de fundición, residuos de demolición, etc), para la fabricación del clinker, se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> en el proceso de descarbonatación (principal fuente de CO<sub>2</sub> en la fabricación del cemento).

- Evita el vertido de los residuos generados por otras instalaciones industriales y los impactos asociados a su depósito en vertederos.
- No se producen residuos adicionales que requieran un tratamiento posterior.
- Se garantiza el tratamiento ambiental adecuado de los residuos, sin generar impactos añadidos sobre el entorno.
- El hecho de que las fábricas de cemento sean instalaciones existentes reduce las inversiones necesarias y abarata el coste de la gestión de los residuos.
- Las fábricas de cemento realizan un servicio ambiental a la comunidad y a cambio obtienen una retribución económica.
- Mejora de la competitividad de la industria, ya que se reducen los costes de fabricación al haber un ahorro en la obtención de materias primas y de combustibles.

#### 3.2.4 Capacidad técnica de las empresas cementeras

En la actualidad, el grado de sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos en España se mantiene por debajo del 5%, lo que nos sitúa a la cola de Europa en valorización energética, donde aproximadamente el 70% de las plantas cementeras emplea combustibles alternativos. En concreto, países como Holanda y Suiza, cuentan con unos niveles de sustitución de combustibles tradicionales muy elevados, 83% y 50%, respectivamente.

Se presenta aquí el porcentaje de sustitución de la energía consumida en el horno por residuos en varios estados Europeos. Los datos corresponden, según el país, a algún año comprendido entre 2002 a 2005, por no estar todos disponibles para el mismo año.

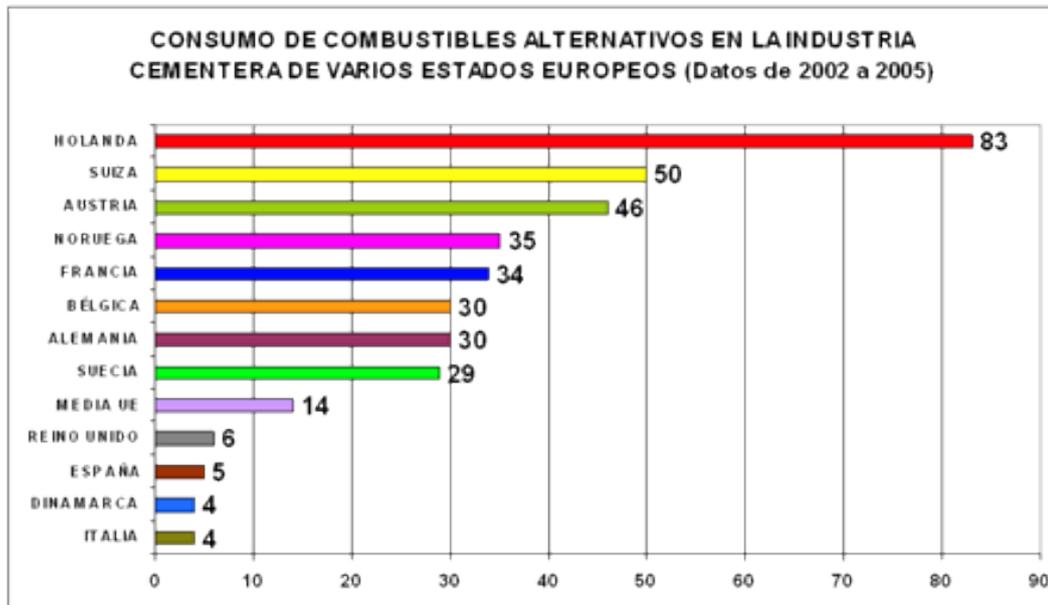


Figura 63 Consumo de residuos en la UE por tipos en el año 2004.

Fuente: Cembureau

La valorización de residuos en hornos de cemento se ha visto impulsada en España en los últimos años por los siguientes motivos:

- Mayor concienciación en la correcta gestión de los residuos por parte de las Comunidades Autónomas, principales responsables en esta materia.
- Apoyo del Ministerio de Medio Ambiente y del Ministerio de Industria, que en el último Plan Nacional de Asignación de CO2 reconocen el uso de residuos procedentes de biomasa y combustibles alternativos como la herramienta principal y necesaria de reducción de emisiones por parte del sector.
- Colaboración estrecha con los trabajadores, continuada con la puesta en marcha de la Fundación del Cemento y del Medio Ambiente - Fundación CEMA. Esta Fundación surge de la firma, en de 2004, del Acuerdo para la valorización energética de residuos en la industria del cemento, firmado entre la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (Oficemen), y las secciones sectoriales sindicales FECOMA-CCOO y MCA UGT.
- Mayor información ciudadana en los municipios donde se lleva a cabo esta actividad, gracias a una política de transparencia y comunicación de las empresas y a un compromiso de las corporaciones locales hacia el beneficio medioambiental de su región.



Cada vez se recuperan más combustibles, en más de la mitad de las fábricas, siguiendo el ejemplo de otros países europeos y los principios de gestión de los residuos.

El sector cementero español utilizó en el año 2007 unas 350.000 toneladas de residuos como combustibles alternativos, que supusieron el 6,4% del consumo térmico de los hornos de clinker y el objetivo marcado es alcanzar el millón y medio de toneladas en 2012 de valorización de combustibles, es decir un 30% de sustitución.

## D - RECICLAJE ACTUAL DE LOS MATERIALES

### 4.1 Materiales metálicos y su reciclado

Es el grupo de materiales más numeroso dentro de un vehículo (representa en torno a un 75% de este). El sector del reciclado de materiales férreos, está muy evolucionado y se consiguen reciclar el 95% de estos.

#### 4.1.1 Ferrosos

##### a) Acero - Hierro

Es el material más utilizado en la industria del automóvil y en el mundo (los productos planos de acero representan el 40% del peso del vehículo y el 98% del de la carrocería). Presenta importantes características diferenciadoras en términos de seguridad, respeto, y reciclaje.

Cada año se reciclan 320 millones de toneladas de hierro y acero. Es el material más reciclado en Europa, las tasas de reciclaje alcanzan el 50% en Alemania y el 30% en Bélgica. Por sus propiedades, el acero es un metal totalmente carente de toxicidad e infinitamente reciclable a través de un proceso facilitado gracias a sus propiedades magnéticas. La creciente utilización de aceros de resistencia ultra-alta y calidades de nueva generación permite una reducción de peso de la carrocería que oscila entre el 25% y el 50%. Las principales materias primas de este metal son el metal de hierro, piedra caliza y carbón, todos ellos recursos limitados.

Proceso de reciclaje del acero:

El acero es la columna vertebral de la industria moderna. Se usa en la construcción y en el sector automovilístico, y es un componente básico de la mayoría de los aparatos eléctricos y envases de bebidas. El 25% de los botes de refrescos se fabrican con acero reciclado. En el proceso de reciclaje, la sustitución del metal de hierro por chatarra puede ahorrar hasta el 76% de la energía utilizada normalmente. En el Reino Unido, la utilización de residuos ferrosos ahorra 10 millones de toneladas de materias primas al año, además de salvar a 10 millones de toneladas de estos residuos de ir al vertedero. Los subproductos se reutilizan en todos los niveles de la fabricación de acero. La chatarra preconsumo es la de mayor valor; el metal no está contaminado con otras sustancias y es reciclable.

Todos los metales, y el acero entre ellos, tienen una propiedad que desde el punto de vista medioambiental es muy buena: pueden ser reciclados una vez

que su uso inicial ha llegado a su término de esta manera todas las máquinas, estructuras, barcos, automóviles, trenes, etc., se desguazan al final de su vida útil y se separan los diferentes materiales que los componen, originando unos desechos seleccionados que se conocen con el nombre de chatarra. Esta chatarra se prensa y se hacen grandes compactos en las zonas de desguace que se envían nuevamente a las acerías, donde se consiguen de nuevo nuevos productos siderúrgicos, tanto aceros como fundiciones. Se estima que la chatarra reciclada cubre el 40% de las necesidades mundiales de acero (cifra de 2006).

El acero se puede obtener a partir de mineral (ciclo integral) en instalaciones que disponen de Altos Hornos o partiendo de chatarras férricas (ciclo electro siderúrgico) en Hornos Eléctricos. Las chatarras seleccionadas contenidas en la cesta de carga se introducen en el horno eléctrico por su parte superior, en unión de agentes reactivos y escorificantes, desplazando la bóveda giratoria del mismo. Se funde la chatarra de una o varias cargas por medio de corriente eléctrica hasta completar la capacidad del horno. Este acero es el que va a constituir una colada. Se analiza el baño fundido y se procede a un primer afino para eliminar impurezas, haciendo un primer ajuste de la composición química por adición de ferro aleaciones que contienen los elementos necesarios.

El acero líquido obtenido se vuelca en un recipiente revestido de material refractario, denominado cuchara de colada. Este recipiente hace de cuba de un segundo horno de afino denominado (horno cuchara) en el que se termina de purificar el acero, se ajusta su composición química y se calienta a la temperatura adecuada.

La cuchara se lleva sobre una máquina de colada continua, en cuya artesa receptora vierte (cuela) el acero fundido por el orificio del fondo o buza. La artesa lo distribuye en varias líneas, cada una con su molde o lingotera, en donde se enfría de forma controlada para formar las palanquillas, que son los semiproductos de sección cuadrada que se someterán a las operaciones de forja y conformación subsiguientes.

Componentes o partes de un automóvil realizados con acero:

- Prácticamente el 98% de la carrocería (chasis, puertas, capos...)
- El 98% de Elementos del motor (culatas, bloque, pistones...)
- Elementos de rodaje (llantas, cajas de cambios...)
- Suspensiones
- Elementos de confort (asientos, aires acondicionados...)

#### 4.1.2 No ferrosos

## a) Aluminio

Cuando se habla de aluminio se tienen en cuenta todas sus aleaciones, satisface como ningún otro metal las actuales demandas que se piden a un material estructural. La ligereza, la densidad del aluminio (2,70 g/cm.) es realmente baja comparada con la del hierro (7,90 g/cm.).

Tiene buena resistencia mecánica en algunas de sus aleaciones, incluso a altas temperaturas y muy buena resistencia a la corrosión gracias a la película de alúmina, que se forma en su superficie de forma espontánea y lo protege de la corrosión. Una propiedad cada vez más en alza como es la reciclabilidad donde el aluminio destaca especialmente, ya que si bien el aluminio es el metal más abundante en la corteza terrestre, el proceso de obtención del aluminio requiere una alta cantidad de energía en comparación con otros metales como puede ser el acero, pero esta cantidad de energía se reduce enormemente en el proceso de producción secundaria (reciclaje) para el caso del aluminio, provocando que la industria lo tenga muy en cuenta a la hora de ahorrar dinero en forma de energía.

Como propiedades físicas del aluminio caben resaltar, su alta conductividad térmica y eléctrica, ésta última lo hace adecuado para muchas aplicaciones dentro de la industria eléctrica, su baja temperatura de fusión unido a su elevada temperatura de ebullición hacen al aluminio muy idóneo para la fundición.

El uso del aluminio en la industria del automóvil se ha generalizado sobre todo porque se reduce el consumo y las emisiones de gases de los motores a causa del ahorro de peso que supone, los vehículos son más ligeros, más seguros, tienen mejor aceleración, mejor frenada y mejor manejo. Existen en la actualidad modelos que utilizan mayoritariamente al aluminio para la construcción del chasis y la estructura. Ver figura 64.



*Figura 64 Ejemplo de automóvil con chasis de aluminio. Fuente: AUDI*

El 95% del aluminio de los vehículos se recicla, y éste reciclado es viable económicamente. El uso del aluminio permite ahorrar hasta el 50% del peso total de la estructura de los vehículos.

Proceso de reciclaje del Aluminio:

El aluminio es cien por cien reciclable sin merma de sus cualidades. En el refundido del aluminio necesita poca energía ya que el proceso de reciclado requiere sólo un 5% de la energía necesaria para producir el metal primario inicial. Al aluminio reciclado se le conoce como aluminio secundario, pero mantiene las mismas propiedades que el aluminio primario. El aluminio secundario se produce en muchos formatos y se emplea en un 80% para aleaciones de inyección. Otra aplicación importante es para la extrusión. Además de ser más baratos, los secundarios son tan buenos como los primarios.

La fundición de aluminio secundario implica su producción a partir de productos usados de dicho metal, los que son procesados para recuperar metales por pre-tratamiento, fundición y refinado. Se utilizan combustibles, fundentes y aleaciones, mientras que la remoción del magnesio se practica mediante la adición de cloro, cloruro de aluminio o compuestos orgánicos clorados.

Las mejores técnicas disponibles incluyen:

- Hornos de alta temperatura muy avanzados.
- Alimentación libre de aceites y cloro.
- Cámara de combustión secundaria con enfriamiento brusco
- Adsorción con carbón activado.
- Filtros de tela para eliminación de polvos.

Durante el año 2002 se produjeron en España 243.000 toneladas de aluminio reciclado y en el conjunto de Europa occidental esta cifra ascendió a 3,6 millones de toneladas.

Componentes o partes de un automóvil realizados con aluminio:

- Elementos del bastidor
- Elementos del motor (cárter, culatas...)
- Elementos de confort (Asientos, interiores...)
- Elementos de rodaje (llantas...)
- Elementos de la carrocería (capos, puertas, aletas...)

## b) Magnesio

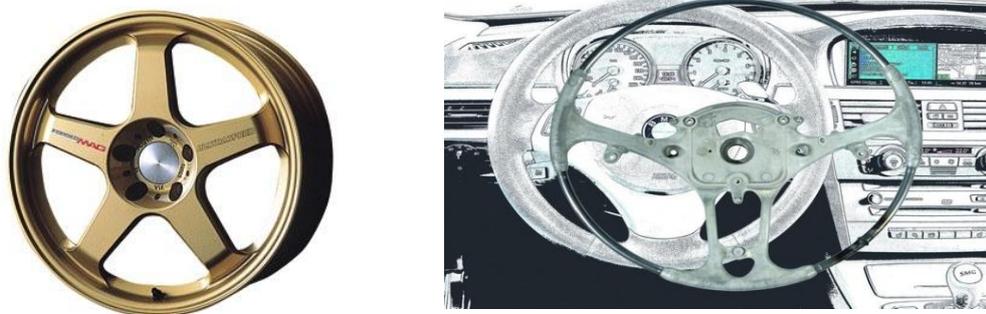
Utilizar magnesio es un método para reducir el peso del automóvil en cierta medida. Ahora bien, su ventaja no radica en su menor densidad, ya que no tiene

mejor relación entre peso y resistencia que el acero. Si se utilizara magnesio en el diseño de un componente con el único fin de soportar las mismas tensiones que otro de acero, haría falta más material, y terminaría pesando prácticamente lo mismo.

El magnesio es el más ligero de los metales utilizados en estructuras. Con una densidad de  $1.74 \text{ g/cm}^3$ , el aluminio resulta 1,5 veces más pesado, el acero lo es unas 4,5 veces más. Es uno de los componentes más abundantes de la corteza terrestre, aunque no se encuentra en estado puro, si no formando minerales o bien disuelto en el agua de mar (en cantidades que se pueden considerar inagotables).

Aunque se utiliza principalmente para mejorar propiedades de otras aleaciones, cada vez se valoran más las aleaciones de magnesio de alta pureza (90%). Estas aleaciones aportan dos ventajas: Reducen el peso de ciertas piezas estructurales de los vehículos (brazos de suspensión, llantas, armaduras del volante, asientos o paneles de la carrocería) y facilitan el proceso de fundición (mejor acabado, mayor duración de los moldes). Ver figura 65.

El principal inconveniente es que la obtención del magnesio puro es costosa, ya que el proceso más utilizado es por electrólisis de agua de mar.



*Figura 65 Elementos realizados con magnesio.*

Proceso de reciclaje del Magnesio:

La chatarra "vieja" de magnesio se obtiene de las piezas de aeronaves y automóviles y del sedimento de los principales fundidores de magnesio. La chatarra «nueva» se obtiene de restos y desechos de los trenes de flejes. El magnesio es altamente inflamable y ha de almacenarse y manejarse de forma

adecuada en zonas limpias y húmedas para que el polvo inflamable se extienda lo mínimo.

Componentes o partes de un automóvil realizados con magnesio:

- Esqueletos de volantes
- Armazones de asientos
- Traviesa del salpicadero
- Cáster
- Llantas

### c) Otros metales

Existen otra serie de metales no féreos integrados en menor número, dentro del vehículo. Son el caso del titanio (muy duro y resistente), se emplea en tornillería; el cobre se puede encontrar en los cableados y el zinc se utiliza para recubrir la carrocería antes de la pintura como parte importante del tratamiento anticorrosión. Platino, rodio o paladio son los metales más utilizados en los catalizadores. Gracias a sus características químicas son capaces de “atrapar” el hidrógeno procedente de la combustión y resultan muy útiles para controlar las emisiones contaminantes.

## 4.2 Materiales no metálicos y su reciclado

### 4.2.1 Plásticos

Este material se puede encontrar en muchas de las piezas de un automóvil. El uso de los plásticos en los automóviles crece del orden del 2,5-3% anual. Actualmente un vehículo medio se compone de un 25-30% de materiales plásticos. Depende de la formulación que tenga para que su función sea una u otra. Los más utilizados son los termoplásticos y los elastómeros. Dentro de los primeros, se incluyen el polipropileno (PP), el poliestileno (PE), la poliamida (PA) y el poli cloruro de vinilo (PVC). En el grupo de los segundos, se pueden hallar aquellos que están reforzados con fibra y aquellos que no. El polipropileno se emplea en los parachoques y en las carcasas de los faros. Como el paragolpes es una de las zonas más “golpeadas”, el elemento suele mezclarse con otros plásticos para conseguir que absorba impactos. Los depósitos del combustible y del líquido de frenos se fabrican de poliamida. Los tapacubos, de otro termoplástico, el ABE (acrilonitrilo-butadieno-estireno). Podríamos continuar con una lista ingente de tipos de plástico.



*Figura 66 Componentes realizados con plásticos. Fuente: BMW*

### a) Polipropileno

El polipropileno o PP es un plástico de desarrollo relativamente reciente que ha logrado superar las deficiencias que presentaba este material en sus inicios, como eran su sensibilidad a la acción de la luz y al frío. Ello es posible mediante la adición de estabilizantes y la inclusión de cargas reforzantes el talco o las fibras de vidrio.



*Figura 67 Pieza realizada con polipropileno. Fuente: Volkswagen*

El polipropileno se obtiene a partir del propileno extraído del gas del petróleo. Es un material termoplástico incoloro y muy ligero. Además, es un material duro, y está dotado de una buena resistencia al choque y a la tracción, tiene excelentes propiedades eléctricas y una gran resistencia a los agentes químicos y disolventes a temperatura ambiente.

Por su gran resistencia al calor, se emplea en la fabricación de objetos que precisan esterilización, como los artículos sanitarios en general. También se emplea en la fabricación de utensilios de cocina, engranajes que no precisen

lubricación y como aislante eléctrico, elementos mecánicos de electrodomésticos, parachoques de automóviles etc. Por ser lineal y cristalino, el polipropileno también se emplea para la obtención de monofilamentos y rafias para su utilización en la industria textil, especialmente en la fabricación de moquetas. El polipropileno presenta, además, una peculiar propiedad, dada su especial organización macromolecular: si se moldea una pieza produciendo un estrangulamiento lineal de la misma, se orienta de forma que permite la flexión alterna a lo largo del eje formado por el estrangulamiento sin apenas fatiga del material, por lo que mediante este método es posible moldear cajas de una sola pieza que tengan el efecto bisagra, o bisagras convencionales para aplicarlas en la articulación de elementos ligeros.

### **b) PVC**

El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles. A partir de procesos de polimerización, se obtienen compuestos en forma de polvo o pellet, plastisoles, soluciones y emulsiones. En la actualidad se emplea en paneles de puertas, tableros de mandos, perfiles embellecedores, cables eléctricos, juntas de ventanas, tapicerías, etc.

### **c) PMMA**

Dentro de los plásticos de ingeniería podemos encontrarlo como Polimetilmetacrilato, también conocido por sus siglas PMMA. El acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en gránulos ('pellets' en inglés) o en láminas. Los gránulos son para el proceso de inyección o extrusión y las láminas para termoformado o para mecanizado.

Compite en cuanto a aplicaciones con otros plásticos como el policarbonato (PC) o el poliestireno (PS), pero el acrílico se destaca frente a otros plásticos transparentes en cuanto a resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado.

Por estas cualidades es utilizado en la industria del automóvil. Se utiliza para indicadores, reflectores, lentes del panel de instrumentos y espejos.



Figura 68 Panel de instrumentos realizado con PMMA. Fuente:  
Volkswagen

Componentes o partes de un automóvil realizados con plásticos:

- Parachoques
- Cuadros de a bordo
- Capotas
- Asientos
- Paneles de las puertas
- Carrocerías
- Portamaletas
- Colectores de emisión de aire
- Correas
- Indicadores externos de luces
- Depósito de agua
- Tubos de todo tipo
- Depósitos de diversos fluidos
- Volantes
- Airbag
- ...

En principio, 100 Kg. de plásticos sustituyen a 200 ó 300 Kg. de materiales convencionales, con los correspondientes ahorros de peso, de combustible y desgaste de los vehículos. Para desarrollar concienzudamente el reciclado de los materiales plásticos, los fabricantes europeos han planificado minuciosamente y desde el principio la recuperación de piezas y de materiales. Para efectuar estos procesos, toda pieza de plástico de más de 100 g lleva grabada su composición. De este modo el triaje o selección es más sencillo. Un vehículo se compone de 1.200- 1.800 piezas de plástico, de las que 10 ó 20 son fáciles de desmontar, como parachoques, paneles de las puertas, filtros de aire, cuadros de a bordo, etc. El resto necesita un tiempo de trabajo para poder efectuar su recuperación.

#### 4.2.2 Vidrio

El vidrio es un material duro, frágil y transparente que ordinariamente se obtiene por fusión a unos 1.500 °C de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato sódico ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ). El sustantivo "cristal" es utilizado muy frecuentemente como

sinónimo de vidrio, aunque es incorrecto debido a que el vidrio es un sólido amorfo y no un cristal propiamente dicho.

Los compuestos plásticos están sustituyendo al vidrio, pero éste todavía está presente en las lunas delantera y trasera, cristales laterales y, en ocasiones, techos solares. Las investigaciones actuales trabajan en la sustitución de lunas traseras y laterales por policarbonatos y según se calcula, se podría reducir el peso total en un 40 por ciento.

Reciclado del vidrio:

El vidrio es un material totalmente reciclable y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al vidrio nuevo. Para su adecuado reciclaje el vidrio es separado y clasificado según su tipo el cual por lo común está asociado a su color, una clasificación general es la que divide a los vidrios en tres grupos: verde, ámbar o café y transparente. El proceso de reciclado después de la clasificación del vidrio requiere que todo material ajeno sea separado como son tapas metálicas y etiquetas, luego el vidrio es triturado y fundido junto con arena, hidróxido de sodio y caliza para fabricar nuevos productos que tendrán idénticas propiedades con respecto al vidrio fabricado directamente de los recursos naturales.

En ciertos casos el vidrio es reutilizado, antes que reciclado. No se funde, sino que se vuelve a utilizar únicamente lavándolo (en el caso de los recipientes). En acristalamientos, también se puede aprovechar el vidrio cortándolo nuevamente (siempre que se necesite una unidad más pequeña).

#### 4.2.3 *Fibra de Vidrio*

La fibra de vidrio (Fiber Glass) es un material fibroso obtenido al hacer fluir vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos (espinerette) y al solidificarse tiene suficiente flexibilidad para ser usado como fibra.

Sus principales propiedades son: buen aislamiento térmico, inerte ante ácidos, soporta altas temperaturas. Estas propiedades y el bajo precio de sus materias primas, le han dado popularidad en muchas aplicaciones industriales. Las características del material permiten que la Fibra de Vidrio sea moldeable con mínimos recursos, la habilidad artesana suele ser suficiente para la autoconstrucción de piezas artesanales (en el caso de la automoción, capos, puertas, paragolpes, ...)

#### 4.2.4 Fibra de carbono

Se denomina fibra de carbono a un material compuesto no metálico de tipo polimérico que está compuesto por una matriz, parte del material llamada fase dispersante, que da forma a la pieza, también llamada resina, que contiene un refuerzo o fase dispersa a base de fibras, en este caso de carbono, cuya materia prima es el polietilnitrilio.

Es un material muy caro, de propiedades mecánicas elevadas y ligero. Al igual que la fibra de vidrio, es un caso común de metonímica, en el cual se le da al todo el nombre de una parte, en este caso el nombre de las fibras que lo refuerzan. Se trata de uno de los materiales preferidos en el mundo deportivo, ya que es resistente y ligero. Las investigaciones realizadas para el deporte automovilístico, sobre todo en las áreas de aerodinámica, alerones, por ejemplo, se aplican después a los automóviles “de calle”. La fibra de carbono en los salpicaderos es sinónimo de deportividad. Los amantes del tuning también están muy familiarizados con este compuesto, los apliques que ponen en sus coches casi siempre son de fibra de carbono. Pero no sólo se utiliza en piezas exteriores, si se combina con poliamida y poliéster se pueden fabricar piezas para el motor, ya que estos compuestos son altamente resistentes al calor.



*Figura 69 Capó realizado con fibra de carbono.*

#### 4.2.5 Caucho (Neumáticos)

En la actualidad, la utilidad principal de este material, son los neumáticos. Éste residuo será tratado en el punto 7.2 de la memoria del presente estudio.

#### 4.2.6 Líquidos y Gases

Lo más importante de los líquidos que forman parte de un vehículo es su delicado reciclaje. El aceite lubricante, el agua destilada de la batería, la valvulina, el líquido de frenos o de la dirección deben ser tratados con especial atención. Si se vierten al medio ambiente, son muy dañinos. Todavía muchos coches utilizan el gas CFC en sus aires acondicionados, aunque éste está

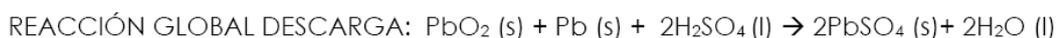
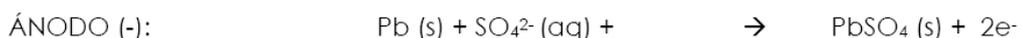
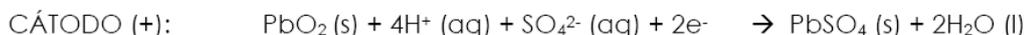


prohibido desde hace años porque destruye la capa de ozono. El aceite será tratado en el punto 7.1 de la memoria del presente estudio.

## E - FUNCIONAMIENTO DE LA BATERÍA DE PLOMO

La batería de plomo fundamenta su funcionamiento en los fenómenos químicos de la electrólisis. Las placas de una batería nueva están formadas por rejillas metálicas en cuyos huecos hay óxido de plomo (PbO (s)) prensado. Si se aplica una corriente eléctrica a las placas con óxido de plomo sumergidas en el electrolito, formado por ácido sulfúrico y agua destilada, debido a la ionización del electrolito circula de una placa a otra una corriente eléctrica. Al final del proceso en una placa no habrá más que plomo esponjoso (Pb (s)) y en la otra, dióxido de plomo (PbO<sub>2</sub> (s)). Por tener estos materiales diferente tensión de disolución, existe entre ellos una diferencia de potencial, siendo la placa de dióxido de plomo la de mayor potencial eléctrico. Por tanto, tras la fabricación de una batería de plomo, ésta debe ser cargada eléctricamente para alcanzar la composición inicial de funcionamiento: las placas positivas cubiertas únicamente por dióxido de plomo y las negativas por plomo esponjoso.

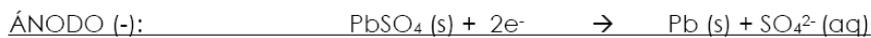
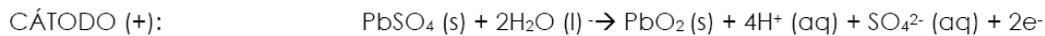
En esta situación puede comenzar un primer proceso de descarga de la batería de plomo. Si con el acumulador en estas condiciones unimos las dos placas, por mediación de una lámpara, se producirá una corriente eléctrica, que irá desde la placa positiva de dióxido de plomo, el cátodo, a la negativa de plomo esponjoso, el ánodo, a través de la lámpara, regresando por el electrolito a la placa de dióxido de plomo. El paso de corriente a través del electrolito provoca que los cationes (H<sup>+</sup> (aq)) de éste se unan al oxígeno del dióxido de plomo para formar agua (H<sub>2</sub>O (l)). Los iones sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) quedan libres y, a continuación, reaccionan con el plomo de ambas placas para formar sulfato de plomo (PbSO<sub>4</sub> (s)). Al cabo de cierto tiempo, las dos placas estarán cubiertas por el mismo compuesto, PbSO<sub>4</sub> (s), por lo que al tener la misma tensión de disolución, deja de haber diferencia de potencial entre ellas y cesa la corriente. Se dice entonces que la batería de plomo se ha descargado por completo. Al mismo tiempo, la concentración en ácido sulfúrico del electrolito disminuye por la formación de agua. Las reacciones químicas que reflejan la descarga son:



Ambas semireacciones producen iones Pb<sup>2+</sup> (aq) debido a la oxidación del plomo esponjoso Pb (s) en el ánodo, y a la reducción del ión Pb<sup>4+</sup> (aq) del dióxido de plomo (PbO<sub>2</sub> (s)) en el cátodo. Estos iones se unen a los aniones sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (aq)), precipitando la sal PbSO<sub>4</sub> (s), que es muy poco soluble. El

potencial de la reacci3n global es ligeramente superior a 2 V, lo que explica que entre los seis acumuladores de una bater3a de plomo se obtenga una tensi3n de trabajo de 12 V.

Para cargar el acumulador se hace pasar una corriente el3ctrica en sentido contrario al de la descarga, con lo que vuelven a formarse el plomo esponjoso y el di3xido de plomo en las placas. Por tanto, aparece nuevamente entre ambas diferencia de potencial. Las reacciones qu3micas de la carga son exactamente las inversas a las de la descarga, siendo:



De los procesos de carga y descarga se deduce:

- La concentraci3n del 3cido sulf3rico en el electrolito es variable, con arreglo al estado de carga de la bater3a. Al descargarse se rebaja y al cargarse se recupera.
- Si una bater3a se descarga muy a fondo, es muy posible que no habiendo suficiente plomo esponjoso en las placas negativas, se forme sulfato a costa del armaz3n de la placa. A esto se le llama sulfataci3n de la bater3a y es una aver3a grave.
- Un exceso de carga en la bater3a tendr3a tambi3n una grave consecuencia, pues al seguir descomponi3ndose el agua del electrolito, har3 que el hidr3geno liberado no tenga bastante sulfato con el que combinarse y saldr3 en burbujas por los respiraderos de los tapones de los acumuladores, con peligro de explosi3n. Al mismo tiempo, el ox3geno liberado, no encontrando ya bastante plomo del sulfato con el que combinarse, lo har3 con el del armaz3n, oxid3ndolo, con lo que el enrejado de las placas positivas se hincha y 3stas se tuercen y deshacen.

La bater3a de plomo opera en un constante proceso de carga y descarga. Cuando est3 conectada a un elemento que necesita de su electricidad, por ejemplo, la radio de un autom3vil, la bater3a comienza a descargarse. Una bater3a se carga cuando la corriente el3ctrica fluye en sentido contrario, restaurando la diferencia qu3mica entre las placas. Esto ocurre cuando el alternador ofrece de vuelta energ3a el3ctrica a la bater3a. En una bater3a nueva,

los denominados componentes activos (plomo esponjoso y dióxido de plomo) están en una proporción 1:1, pero los sucesivos procesos de carga y descarga alteran esta proporción, así como la concentración de ácido sulfúrico en el electrolito. Debido a este deterioro paulatino, la batería de plomo deviene inservible con los años, al no ofrecer electricidad a un voltaje suficiente. Se estima que dura entre 250 y 750 ciclos.

Existe la posibilidad de cargar la batería de plomo externamente, mediante una fuente de corriente, pero este proceso suele llevarse a cabo tan sólo en aplicaciones de mucho consumo de energía eléctrica, por ejemplo, en los taxis, que realizan recorridos muy cortos y muchas paradas al día.

### 5.1 Obtención del plomo

La obtención de plomo se lleva a cabo mediante las vías reflejadas en la figura 70.

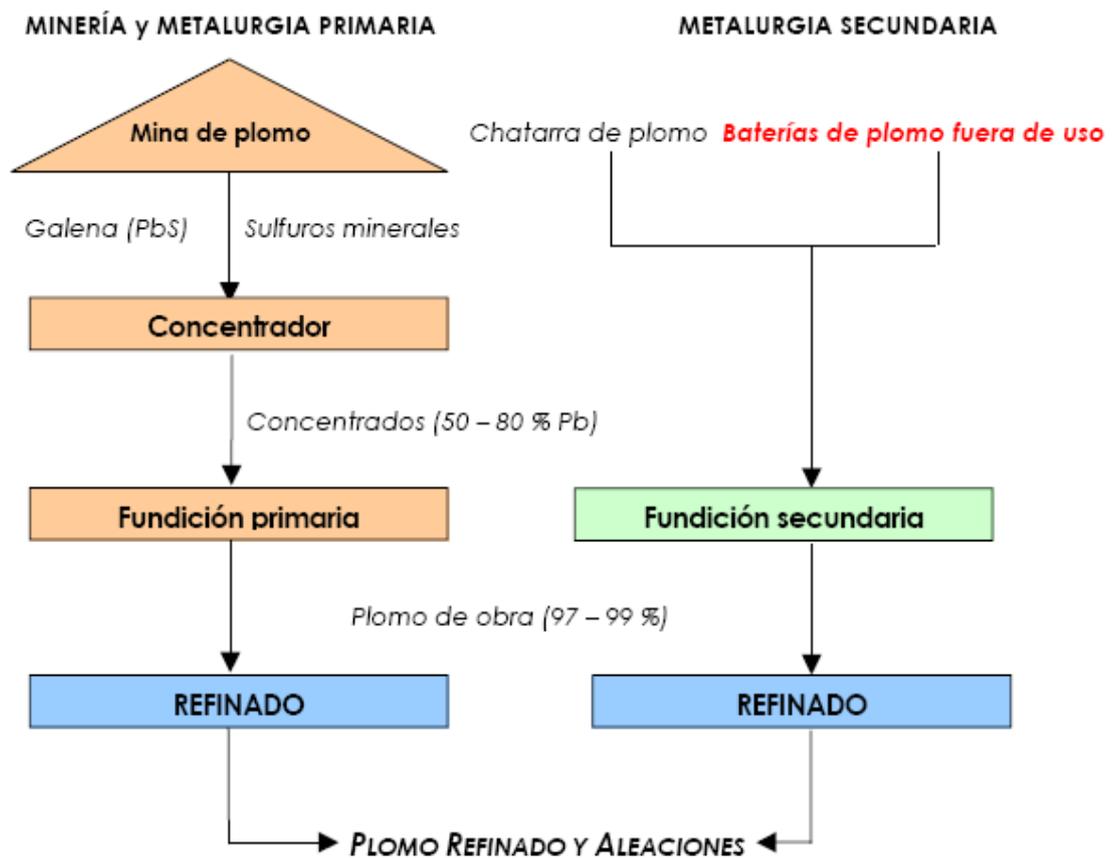


Figura 70 Vías de obtención de los productos de plomo. Fuente UNIPLOM 2003

Tal como se describe en la figura 70 se distinguen tres tipos de producción de plomo:

- Producción minera: se trata de la producción de concentrados de plomo (50 – 80 % Pb). Proviene de los procesos del concentrado de materias primas minerales (galena y sulfuros minerales). En los datos de producción siempre se contabiliza su contenido en plomo, no su peso total. La totalidad de la producción minera se destina a la producción metalúrgica primaria.
- Producción metalúrgica primaria: se trata de la producción de compuestos de plomo (óxidos, cromatos, carbonatos...), plomo refinado primario (>99.97 % Pb) y plomo de obra primario (97 – 99 % Pb). La producción de plomo refinado primario de un año en concreto puede ser mayor que la minera, hecho que se explica por la acumulación de partidas de concentrados de plomo, motivada por las fluctuaciones del mercado. Gran parte del plomo extraído en las minas acaba siendo empleado para la producción de plomo refinado primario.
- Producción metalúrgica secundaria: se trata de la producción de compuestos de plomo, plomo refinado secundario (>99.97 % Pb) y plomo de obra secundario (97 – 99 % Pb). En este caso, el plomo proviene del reciclaje de baterías de plomo fuera de uso y, en mucha menor medida, de chatarras de plomo.

El sector de las baterías de plomo es el consumidor mayoritario de plomo en el mundo y está previsto que, gracias al reciclaje de baterías de plomo fuera de uso, sea el origen de gran parte de la producción de plomo dentro de un tiempo.

## 5.2 Recuperación y reciclado del plomo

Nunca ha sido tan importante como ahora recuperar y reciclar los metales contenidos en los residuos, y ello, por una doble razón:

- Los recursos minerales son limitados y no renovables. En el caso concreto del plomo, a las reservas hoy realmente conocidas se les estima una vida de entre 30 y 40 años.
- La valoración de los residuos metalíferos mediante su recuperación y reciclado es la forma de gestión de los mismos más racional y ecológicamente recomendable.

En el caso del plomo, a lo largo de los últimos años, la valoración de sus residuos ha sido fundamental para abastecer la mayor parte de la demanda, satisfaciéndose el resto por parte de la minería y de la metalurgia primaria.

Hoy por hoy, son cada vez más escasos las chatarras o residuos procedentes de tuberías, planchas y otras aplicaciones clásicas del plomo debido a su sustitución por materiales féreos y poliméricos. En cambio, la batería de plomo es la principal fuente de los citados residuos de plomo debido a que:

- Aproximadamente el 75 % del plomo puesto en los mercados se dedica a la fabricación de baterías de plomo.

- La vida de la batería es limitada, menor que la del automóvil, lo que supone que cada vehículo, a lo largo de su vida útil, desecha varias baterías, creándose así un flujo continuo de residuos plomíferos de dicha procedencia.

El índice de recuperación de baterías es, en Occidente, superior al 90 %, alcanzándose en España una recuperación del 95 – 97 %: es muy poco el plomo que queda sin ser recuperado y reciclado. Son éstos unos índices de recuperación posiblemente no alcanzados por ningún otro metal o compuesto, como refleja la figura 65, que ilustra los niveles de reciclaje de diversos productos en USA entre 1995 y 1999 –las cifras son similares en la mayoría de países de Occidente.

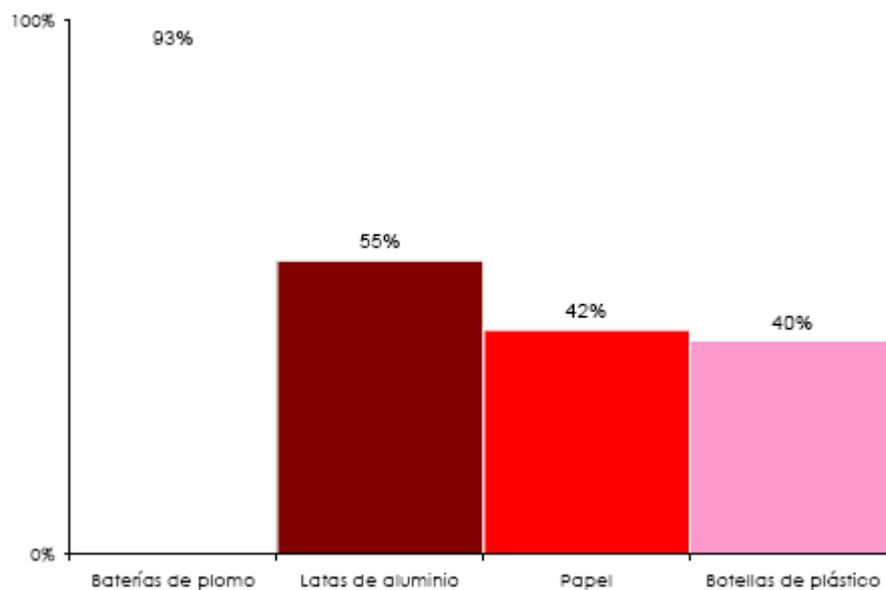
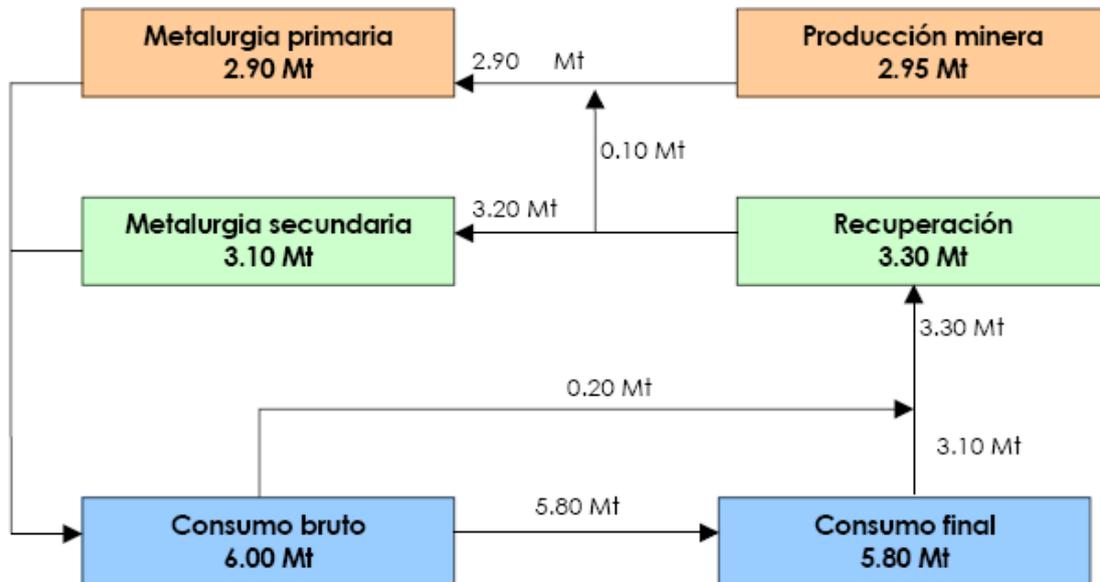


Figura 71 Nivel de reciclaje de diversos productos en USA entre 1995 y 1999 [BCI,2003]

En la figura 72 se aprecia el papel decisivo de la recuperación entre las distintas rutas de producción de plomo en el mundo. Hay que tener en cuenta que en el diagrama se han estimado unas pérdidas en peso de un 5 % entre mina y fundición primaria y entre recuperación y fundición secundaria.



*Figura 72 Flujos aproximados de producción, consumo y recuperación de plomo en el mundo entre 1995 y 1997 (Mt)*  
[UNIPLOM, 2003]

## F- BUENAS PRÁCTICAS MEDIOAMBIENTALES EN TALLERES MECÁNICOS

Los impactos ambientales de cualquier actividad productiva se clasifican en función de si se producen como consecuencia del proceso de entrada de recursos (consumo, ya sea de productos, agua, energía, etc.), del proceso de salida (contaminación y residuos) o se deben directamente a la acción de la actividad sobre el territorio en que se realiza (impactos sobre el espacio). A continuación se relacionaran una serie de prácticas incorrectas.

### 6.1 Prácticas incorrectas

#### 6.1.1 *Gestión de los recursos*

- No realizar una buena gestión del consumo eléctrico ni introducir medidas de ahorro en los talleres.
- Consumir combustibles derivados del petróleo en las pruebas de motor.
- Despilfarrar agua en las labores de limpieza de equipos, vehículos e instalaciones.
- No realizar una buena gestión en los materiales almacenados.
- Cambiar de forma innecesaria piezas de motor que aún son útiles.
- Pintar los vehículos en exceso.
- Emplear productos de un solo uso o no recargables.
- Usar consumibles no homologados, más baratos pero mucho menos duraderos.
- No separar los disolventes correctamente, contaminándolos con otros productos e imposibilitando su reutilización o reciclaje.

#### 6.1.2 *Gestión de la contaminación y los residuos*

- No mantener un buen sistema de prevención de incendios en los talleres.
- Adquirir productos con muchos envases y embalajes.
- No conocer los símbolos de peligrosidad y toxicidad.
- No gestionar el almacenamiento provisional de los residuos de forma que reduzcan sus efectos sobre el medio.
- Gestionar de forma incorrecta los residuos peligrosos, almacenándolos de forma insegura o no entregándolos a gestores autorizados.
- Elegir limpiadores que contengan elementos no biodegradables o con fosfatos.
- No reutilizar los disolventes.

- Usar aerosoles y sistemas de climatización con componentes dañinos para la capa de ozono.
- Utilizar los sistemas de pintura al aire libre.
- Verter productos químicos y aceites usados de motor a la red de aguas residuales.
- Limpiar los derrames de fluidos de motor con agua y verterlos a la red de aguas residuales.
- Verter líquidos de motor y otros fluidos en el suelo, provocando su contaminación e imposibilitando su reciclaje.
- Acumular sustancias tóxicas al suelo, ocasionando la contaminación de las aguas y la posible repercusión en la salud a través de la cadena alimentaria.

### 6.1.3 *Gestión del espacio ocupado*

- Ocupar grandes extensiones de terreno como vertederos de residuos urbanos de tipo voluminoso resultantes del deshecho de vehículos.
- Contaminar gravemente el suelo con vertidos incontrolados de aceites de motor y otros fluidos.

## 6.2 **Buenas prácticas ambientales**

### 6.2.1 *Gestión de los recursos*

En cuanto a energía y agua:

- Realizar campañas de información y formación entre los empleados para el ahorro energético y de agua.
- Realizar un buen mantenimiento de los equipos para que funcionen a pleno rendimiento.
- Comprar equipos con alta eficiencia energética y apagarlos cuando no están en funcionamiento.
- Consumir el mínimo de combustible posible en las pruebas de motor.
- No utilizar agua en la limpieza de derrames de fluidos de motor.
- Realizar el lavado de automóviles mediante túneles en lugar de con mangueras, así las aguas residuales irán a parar a la red adecuada.
- Aislar los sistemas de reutilización de aguas de proceso, evitando contaminaciones.
- Controlar el agua de limpieza, reutilizándola cuando sea posible y manejándola como un residuo peligroso en caso de mezcla con fluidos tóxicos.

En cuanto al consumo de productos:

- Realizar campañas de información y formación entre los empleados para el ahorro en el consumo de los materiales consumibles.
- Atender al criterio ambiental en el aprovisionamiento, mediante la elección de materiales, productos y suministradores con certificación ambiental.
- Adquirir productos que no tengan efectos negativos sobre el medio y la salud.
- Realizar una correcta gestión de los pedidos y adecuar las reparaciones a éstos.
- Establecer procedimientos escritos de obligado cumplimiento para la entrada, almacenamiento y salida de los consumibles de motor, sobre todo cuando exista fecha de caducidad.
- Acordar con los proveedores la reducción de envases o la utilización de retornables, generándose menos residuos.
- Comprar consumibles de motor de larga duración y que no se conviertan en residuos peligrosos al final de su vida útil.
- No cambiar piezas de forma innecesaria, así se ahorran recursos naturales y económicos.
- Comprobar que los productos están debidamente etiquetados y con instrucciones claras de manejo.
- Elegir útiles y herramientas de larga duración que, a largo plazo son más rentables.
- Emplear productos químicos menos nocivos y usarlos teniendo en cuenta las indicaciones de dosificación del fabricante.
- Reutilizar los envases y productos que se presten a ello para no realizar adquisiciones innecesarias.
- Calcular con anterioridad a la operación de pintado de chapa la cantidad de pintura necesaria para evitar desaprovechar los restos que se acumulan en las pistolas aerográficas.

#### 6.2.2 *Gestión de la contaminación y los residuos*

- Realizar campañas de información entre los empleados para la minimización y correcta gestión de los residuos y la contaminación.
- Fomentar prácticas de formación ambiental entre los empleados. A la larga también supone un ahorro económico, ya que se gestionan mejor los recursos.

- Informar al personal sobre los peligros de los productos químicos que se puedan emplear habitualmente, ya que contribuye a reducir los riesgos de contaminación y los accidentes.
- Utilizar productos que al final de su vida útil sean reciclables y que no contengan productos peligrosos.
- Gestionar los residuos de forma que se facilite su recuperación, almacenándolos por separado y bien identificados.
- Crear un inventario de cantidades, periodicidad, tipología, destino y costes de los distintos residuos para poder fijar objetivos de reducción por familias.
- Propiciar la gestión de los residuos a través de Bolsas de Subproductos para que puedan ser reutilizados y evaluar la posibilidad de adquirir materiales a través de estas bolsas.
- Proteger los almacenes de las inclemencias del tiempo para evitar el deterioro de los productos y su transformación en residuos.
- Cumplir escrupulosamente la legislación en materia de residuos peligrosos.
- Entregar a un gestor autorizado los residuos peligrosos, previamente separados e identificados en contenedores habilitados para tal fin.
- Colocar los contenedores de residuos peligrosos en zonas bien ventiladas, a cubierto del sol y la lluvia, separados de focos de calor y colocados de forma que no estén próximos aquellos productos que puedan reaccionar entre sí.

### 6.2.3 *Gestión del espacio ocupado*

- No incinerar los neumáticos usados de forma incontrolada, los talleres están obligados a entregarlos a un gestor autorizado para su valorización.
- No realizar la limpieza de las herramientas y equipos usados de pintura de chapa en pilas que viertan directamente a la red general de aguas residuales sin haber pasado antes por depuración.
- Insonorizar los distintos talleres de reparación, principalmente los de chapa y pintura, para evitar la contaminación sonora.
- Evitar la mala utilización y el derroche en maquinarias y equipos.
- Cumplir con la normativa ambiental, de origen europeo, estatal, autonómico y local, vigente en el sector.
- Aislar las zonas donde se trabaje con productos tóxicos o peligrosos.
- Almacenar en los recipientes adecuados los residuos peligrosos, evitando el contacto con el exterior.

- Evitar el derrame de fluidos de motor y de los residuos líquidos resultantes de las actividades en el suelo, ya que provocan su contaminación y la de las aguas subterráneas.
- Evitar la realización de reparaciones en zonas de vía pública o espacios abiertos.