



MANUAL ARAGONÉS DE PREVENCIÓN Y RECICLADO DE RESIDUOS

Edita:

Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático.
Departamento de Medio Ambiente Gobierno de Aragón.

Realización:

Sociedad de Desarrollo Medioambiental de Aragón (SODEMASA)

Colabora:

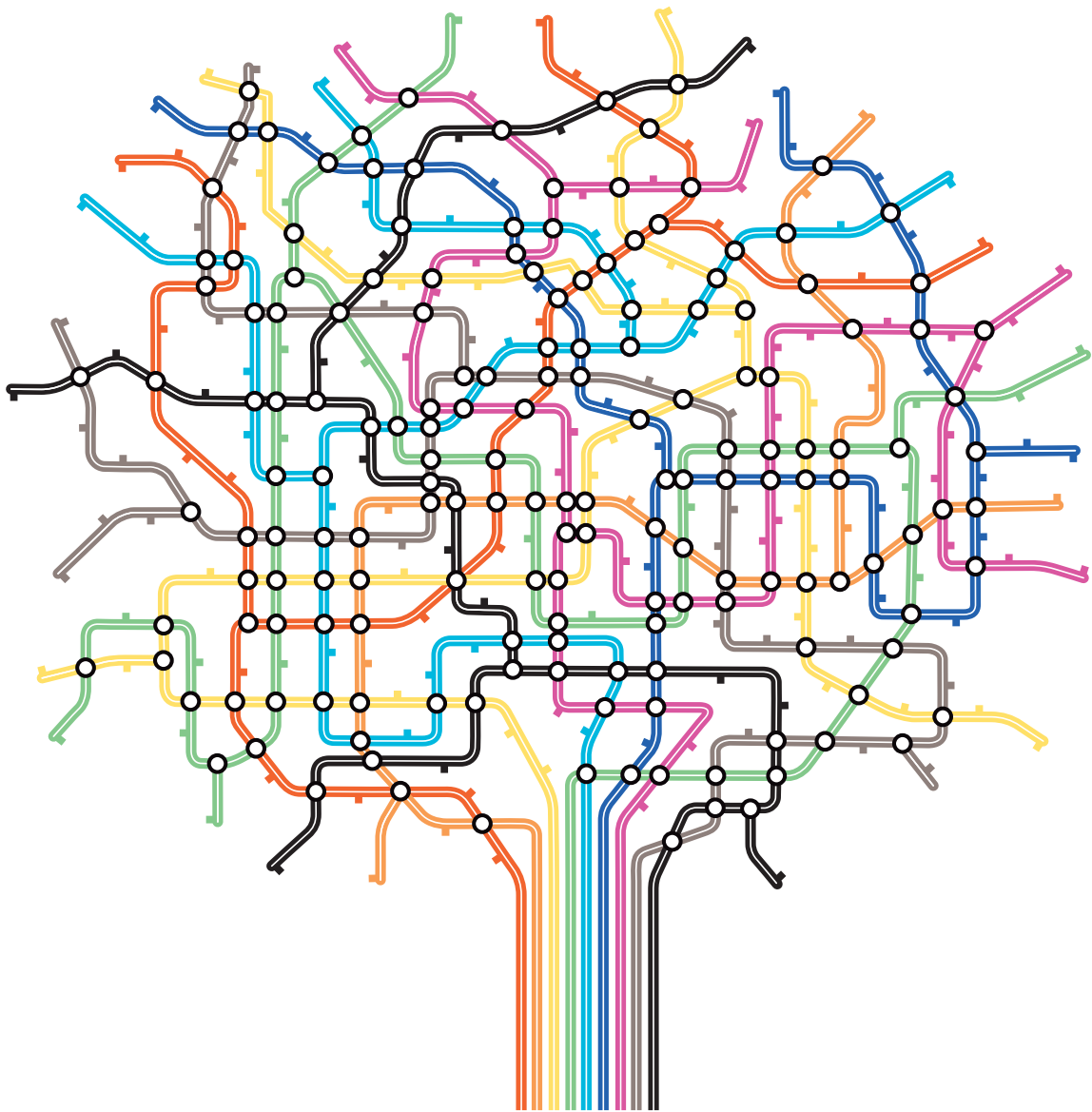
Observatorio de Medio Ambiente de Aragón. OMA.

Diseño gráfico y maquetación:

Urdániz Preimpresión, s.l. - www.urdanizdigital.com

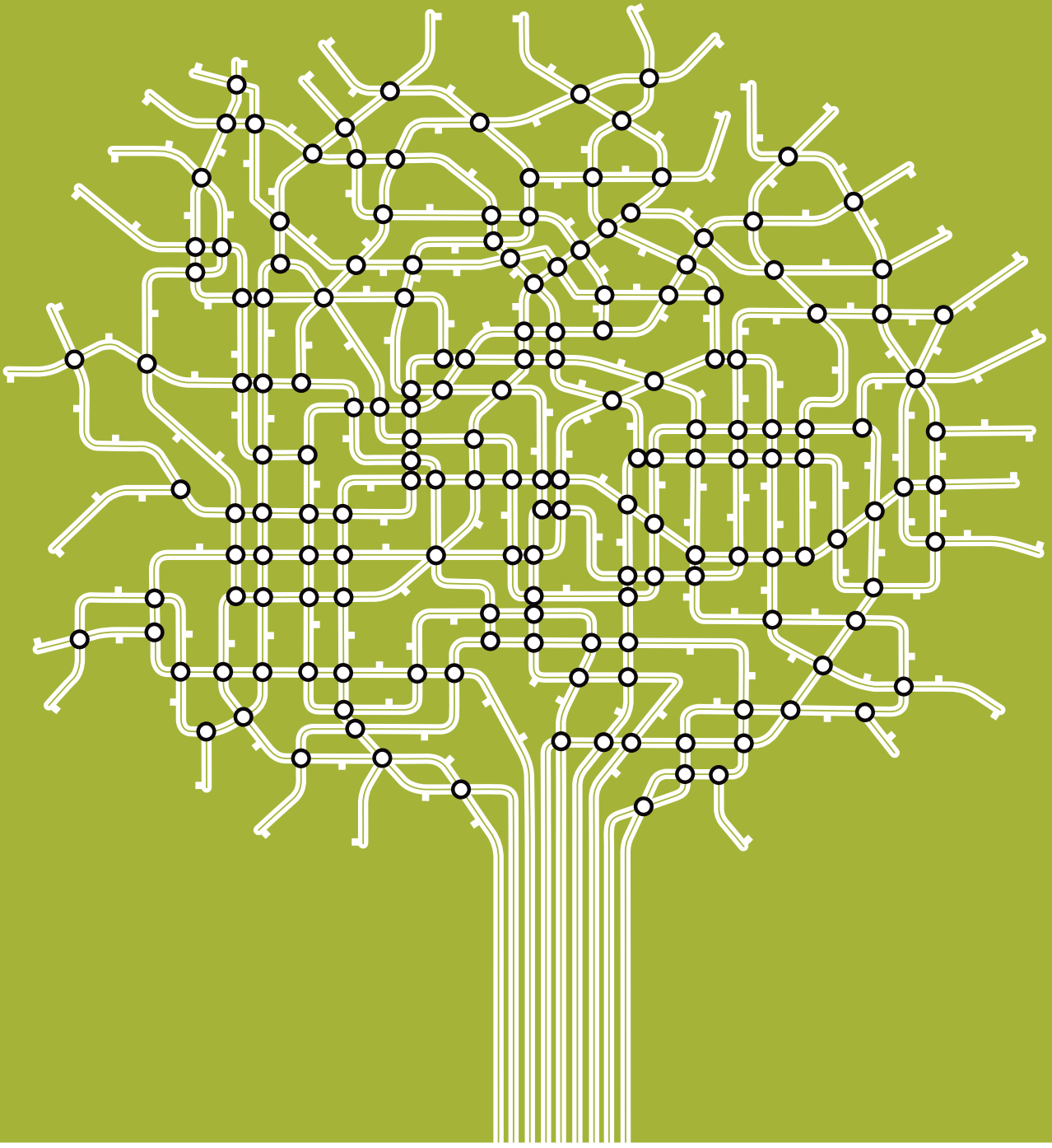
Impreso en papel 100% reciclado y libre de cloro

Depósito Legal: Z-118-2011



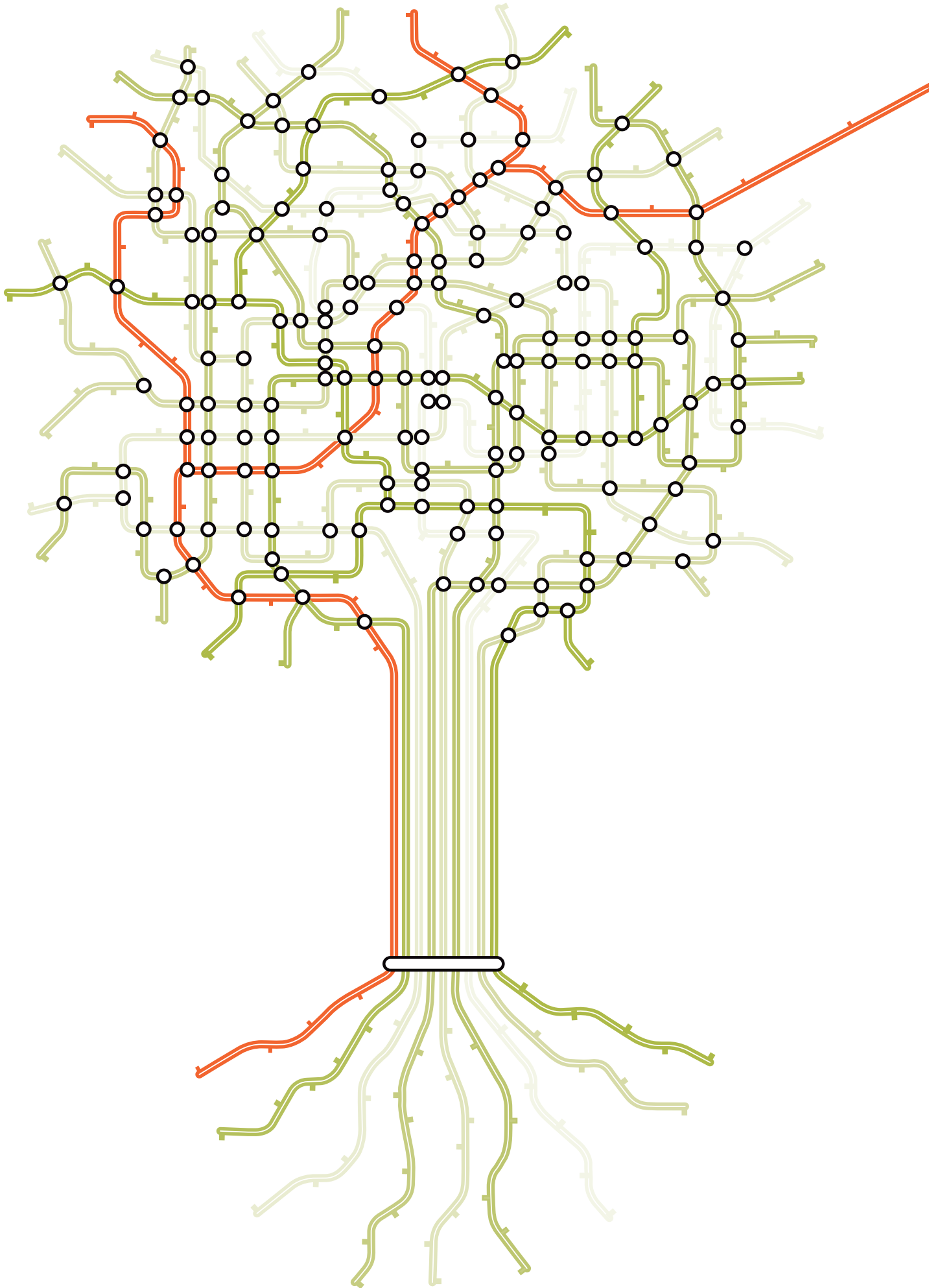
MANUAL ARAGONÉS DE PREVENCIÓN Y RECICLADO DE RESIDUOS





1

PRESENTACIÓN



PRESENTACION

La gestión de los residuos ha sido una de las políticas prioritarias del Departamento de Medio Ambiente. El Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (GIRA) ha marcado las líneas de actuación de los últimos años en este sentido, abordando el problema de la gestión de residuos desde una perspectiva global, entendiendo que no se trata sólo de reducir su impacto ambiental sino que es una actividad industrial que genera empleo y riqueza en el territorio.

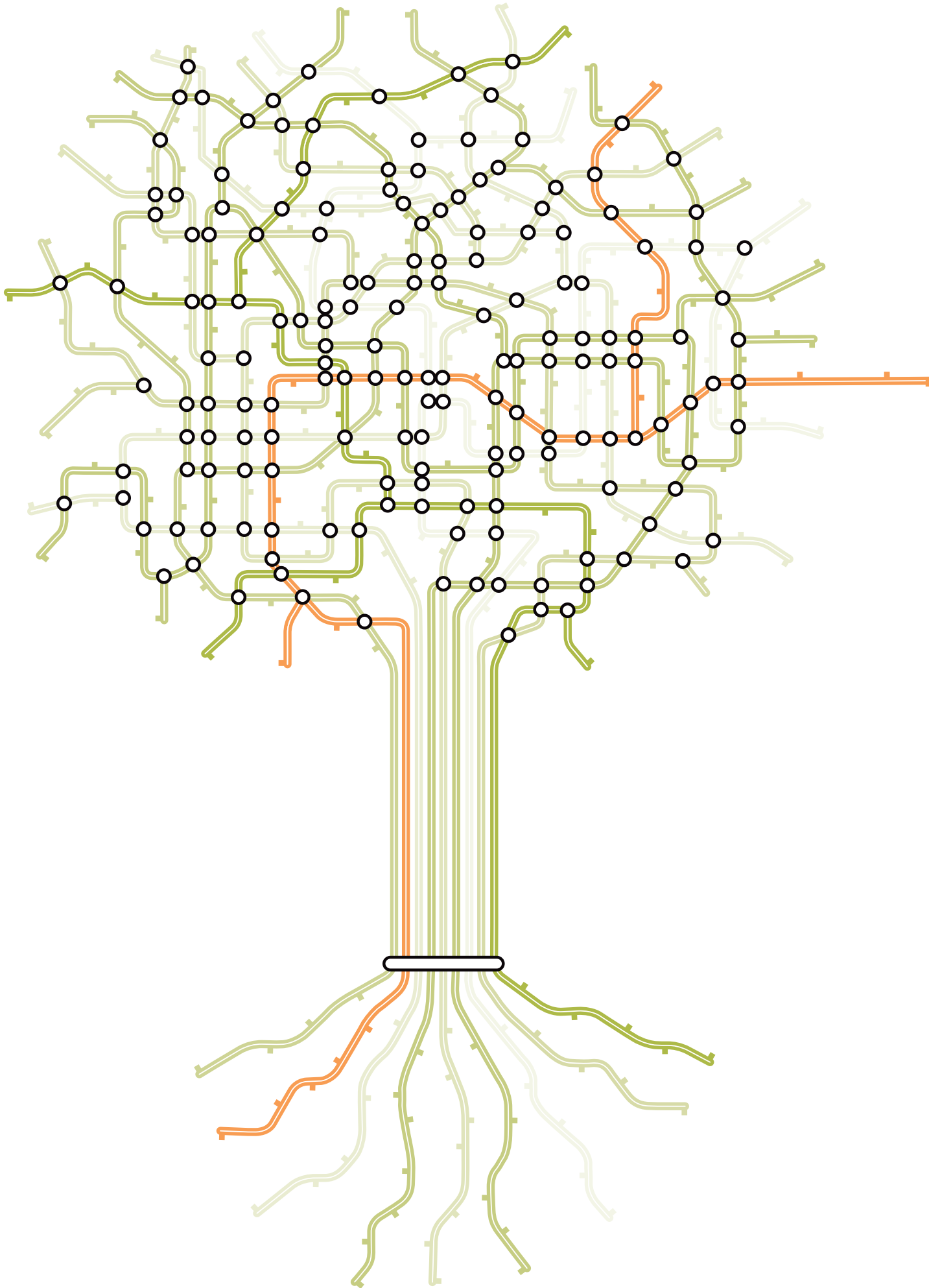
Aragón ha desarrollado un modelo sostenible de gestión de los residuos, basado en la prevención, reutilización, reciclado y valorización. Los gestores de residuos son un sector imprescindible hoy día en nuestra sociedad, donde es inevitable la generación de determinados residuos, pero que cada vez está más concienciada, y así lo exige a las Administraciones, de que debe resolverse el impacto ambiental que generan.

Al mismo tiempo, si queremos conseguir un adecuado tratamiento de los residuos debemos trabajar por consolidar este sector en el que la innovación es cada vez más importante para dar respuestas novedosas a los procesos de tratamiento de residuos.

Para que los actores implicados puedan llevar a cabo una gestión eficiente de los residuos deben contar con la información y la formación necesaria. Esta es otra de las prioridades que establece el GIRA y en las que se enmarcan las actuaciones de asesoramiento y sensibilización que se llevan a cabo desde el Departamento de Medio Ambiente.

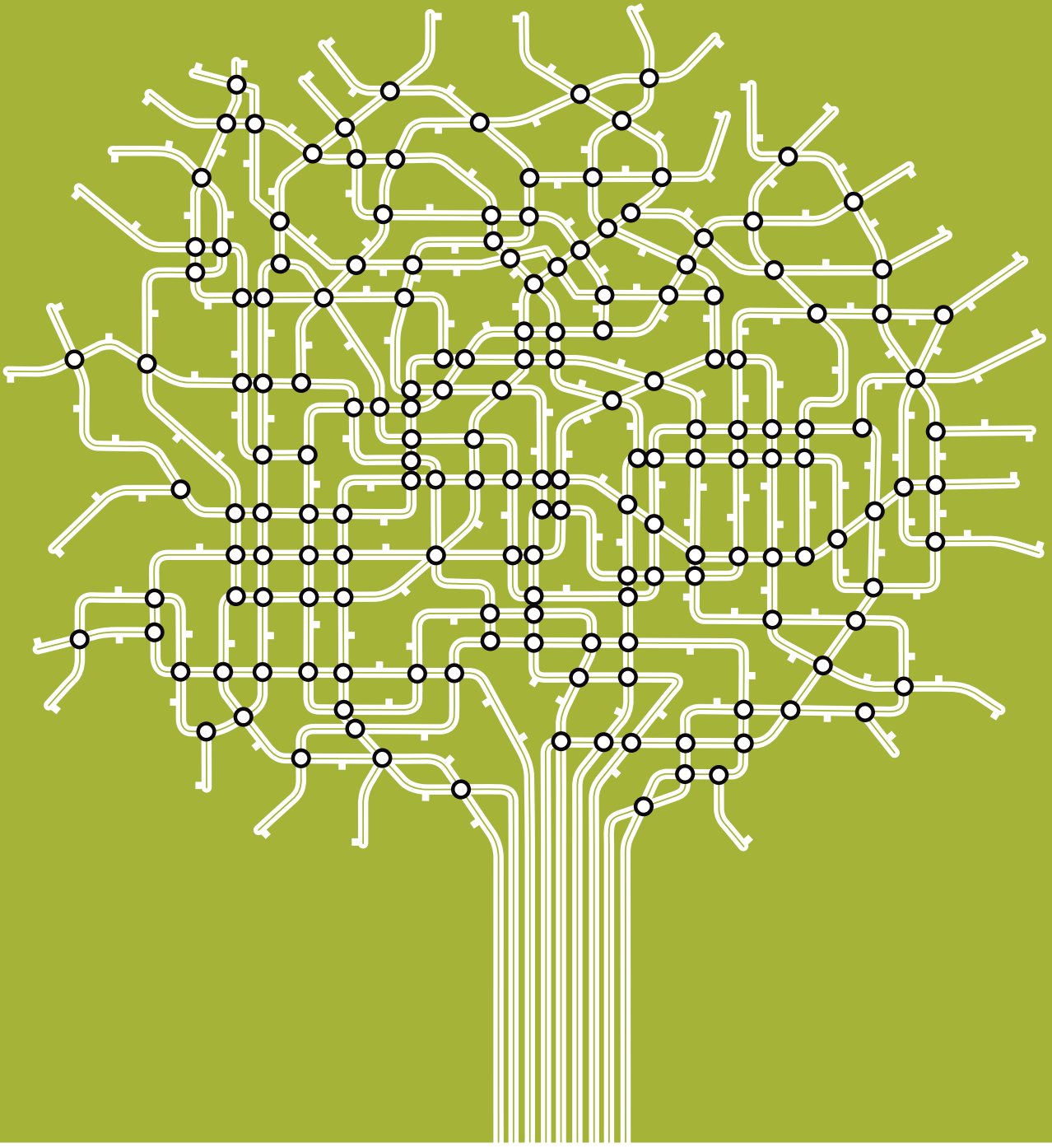
El Manual Aragonés de Prevención y Reciclado de Residuos está articulado como una herramienta útil de trabajo dirigida a productores y gestores de residuos. Queremos de esta forma ayudar a consolidar un sector en crecimiento, que trabaja por garantizar a la sociedad un futuro sostenible.

Alfredo Boné
Consejero de Medio Ambiente



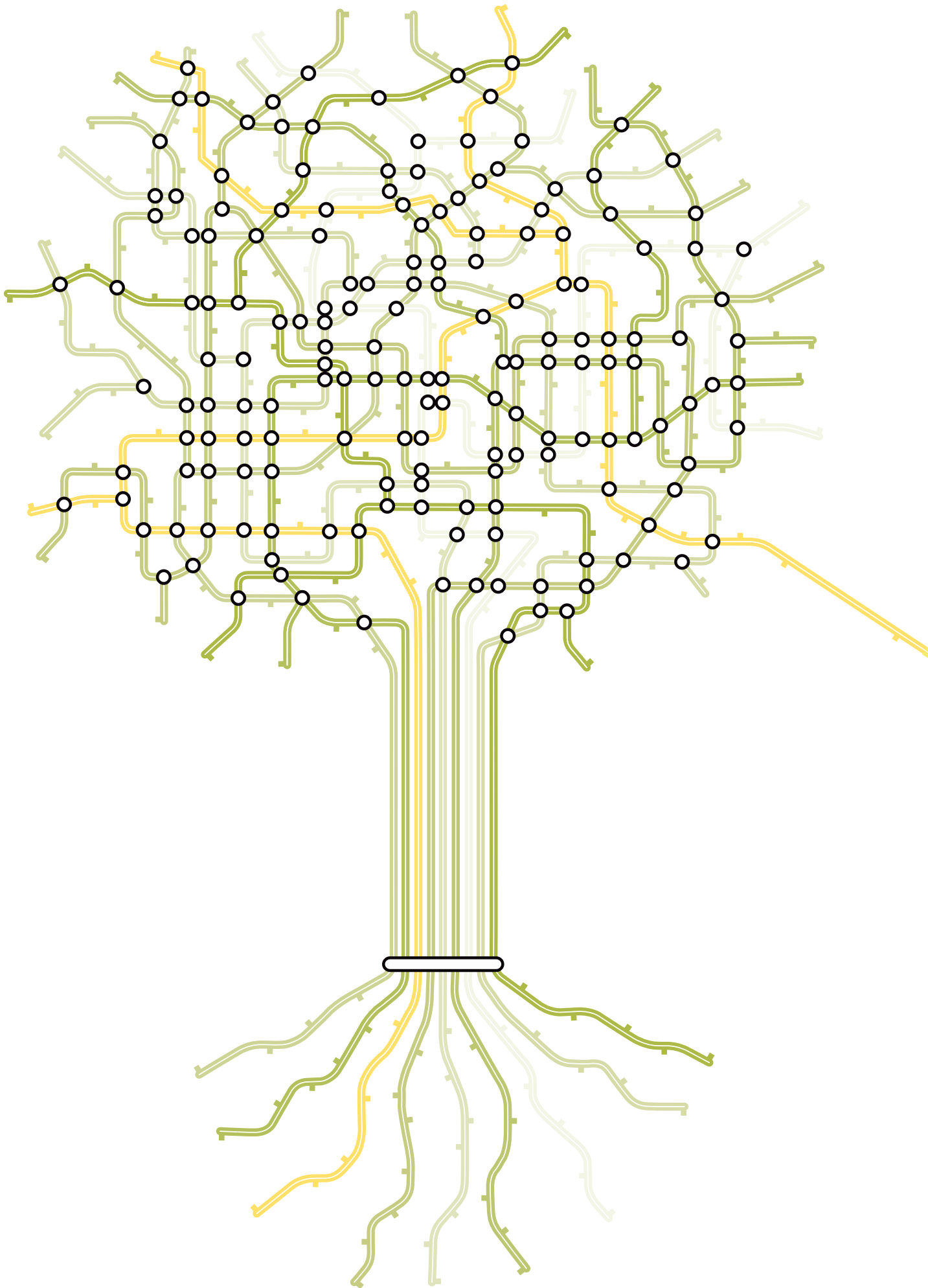

INDICE

1. PRESENTACIÓN	5
2. INTRODUCCIÓN	11
3. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS	15
3.1 PRINCIPIOS GENERALES. LA JERARQUÍA DE RESIDUOS	17
3.2 CONCEPTOS IMPORTANTES EN LA GESTION DE RESIDUOS	17
4. LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN ARAGÓN	21
4.1 EL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS	23
4.2 LA ESTRATEGIA ARAGONESA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍAS LIMPIAS (EACCEL)	24
4.3 EL CATÁLOGO ARAGONÉS DE RESIDUOS	24
4.4 LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS	25
4.5 FUENTES DE INFORMACIÓN ÚTIL	31
5. PRINCIPIOS Y CONCEPTOS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS	33
5.1 ¿POR QUÉ DEBEMOS GESTIONAR CORRECTAMENTE NUESTROS RESIDUOS?	35
5.2 EL PRIMER PASO. SITUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL RESIDUO	36
5.3 IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS, SELECCIÓN E IMPLANTACIÓN DE ALTERNATIVAS	40
5.3.1. MEDIDAS PREVENTIVAS	41
5.3.2. MEDIDAS CORRECTORAS	44
6. SUBPRODUCTO Y FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUO	47
6.1 SUBPRODUCTO	49
6.1.1. CONCEPTO Y MARCO NORMATIVO	49
6.1.2. REQUISITOS PARA QUE UNA SUSTANCIA ADQUIERA LA CONDICIÓN DE SUBPRODUCTO	51
6.1.3. ERRORES HABITUALES EN LA UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTO	54
6.2 CONDICIONES PARA QUE EL RESIDUO DEJE DE SERLO	56
6.2.1. CONCEPTO Y MARCO NORMATIVO	56
6.2.2. PRÁCTICAS INCORRECTAS HABITUALES QUE NO DETERMINAN EL FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUO	58
7. OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN Y RECICLAJE, CÓDIGO A CÓDIGO	61
7.1 OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN Y RECICLAJE	63
7.1.1 TABLA DE OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN Y RECICLAJE POR GRUPOS DE RESIDUOS	63
7.1.2 TABLA DE OPORTUNIDADES DE VALORIZACIÓN Y OPERACIONES DE ELIMINACIÓN POR GRUPOS DE RESIDUOS	66
7.2 TABLA DE OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN Y RECICLAJE POR CÓDIGOS LER	67
7.3 OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN Y RECICLAJE	71
7.4 OPORTUNIDADES DE VALORIZACIÓN Y OPERACIONES DE ELIMINACIÓN	174
8. CASOS DE ESTUDIO	191
8.1 SELECCIÓN DE CASOS	193
8.2 CASO 1: CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN	194
8.3 CASO 2: VIRUTAS, RECORTES, MADERA DESECHADA, RESTOS DE TABLAS Y CHAPAS	199
8.4 CASO 3: RESIDUOS CÁLCICOS DE REACCIÓN	206
8.5 CASO 4: POLVO Y PARTÍCULAS DE METALES FÉRREOS	209
8.6 CASO 5: ESCORIAS NO TRATADAS	212
8.7 CASO 6: RESIDUOS MEZCLADOS DE CONTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	220
8.8 CASO 7: CENIZAS VOLANTES QUE CONTIENEN SUSTANCIAS PELIGROSAS	228
8.9 CASO 8: TIERRA Y PIEDRAS QUE CONTIENEN SUSTANCIAS PELIGROSAS	236
8.10 CASO 9: ENVASES QUE CONTIENEN RESTOS DE SUSTANCIAS PELIGROSAS	241
8.11 CASO 10: RESIDUOS DE PINTURA Y BARNIZ	244





INTRODUCCIÓN



Este manual —destinado a los productores y gestores de residuos de Aragón— pretende ser una herramienta para la prevención de los residuos y, en su defecto, para su correcta gestión una vez que se hayan producido; todo ello, dando la necesaria prioridad a la prevención y al reciclado en aplicación del principio de jerarquía.

El documento se inicia explicando, de manera sucinta, algunos conceptos básicos de la gestión de residuos y los rasgos más específicos de la gestión de residuos en Aragón.

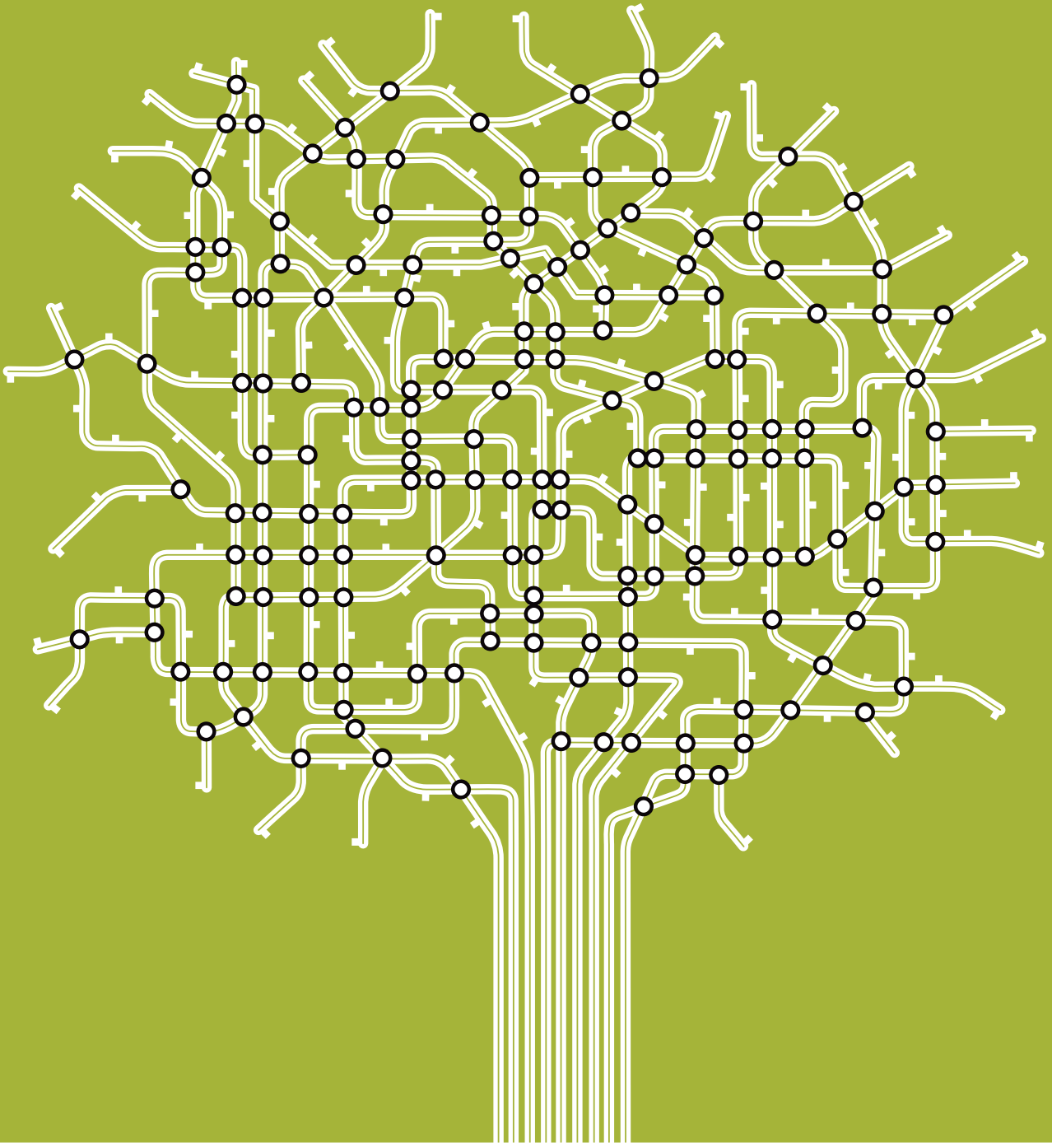
El núcleo central y el principal valor añadido de este manual consiste en la exposición de las oportunidades de prevención y reciclado para cada tipo de residuo una vez identificado por su código LER y el estudio de diez casos tipo (seleccionados por la importancia de generación de residuos en Aragón y sus posibilidades de prevención, reutilización y reciclado) para que el productor pueda identificar las técnicas más adecuadas para la correcta gestión de cada residuo concreto y cómo incorporarlas a su empresa.

Los motivos que impulsan la publicación de este Manual se fundamentan en la necesidad de articular una serie de cambios sociales, tecnológicos y estructurales en las políticas ambientales, principalmente de prevención y en su caso de gestión de residuos en Aragón. Así son objetivos generales de esta publicación:

- Disminuir la intensidad de la utilización de materiales y recursos naturales (agua, energía);
- Minimizar la generación de residuos;
- Reducir los efectos negativos del uso de recursos y materiales y del tratamiento y eliminación de residuos sobre el medio ambiente y la salud de las personas;
- Desacoplar la generación de residuos del crecimiento económico.

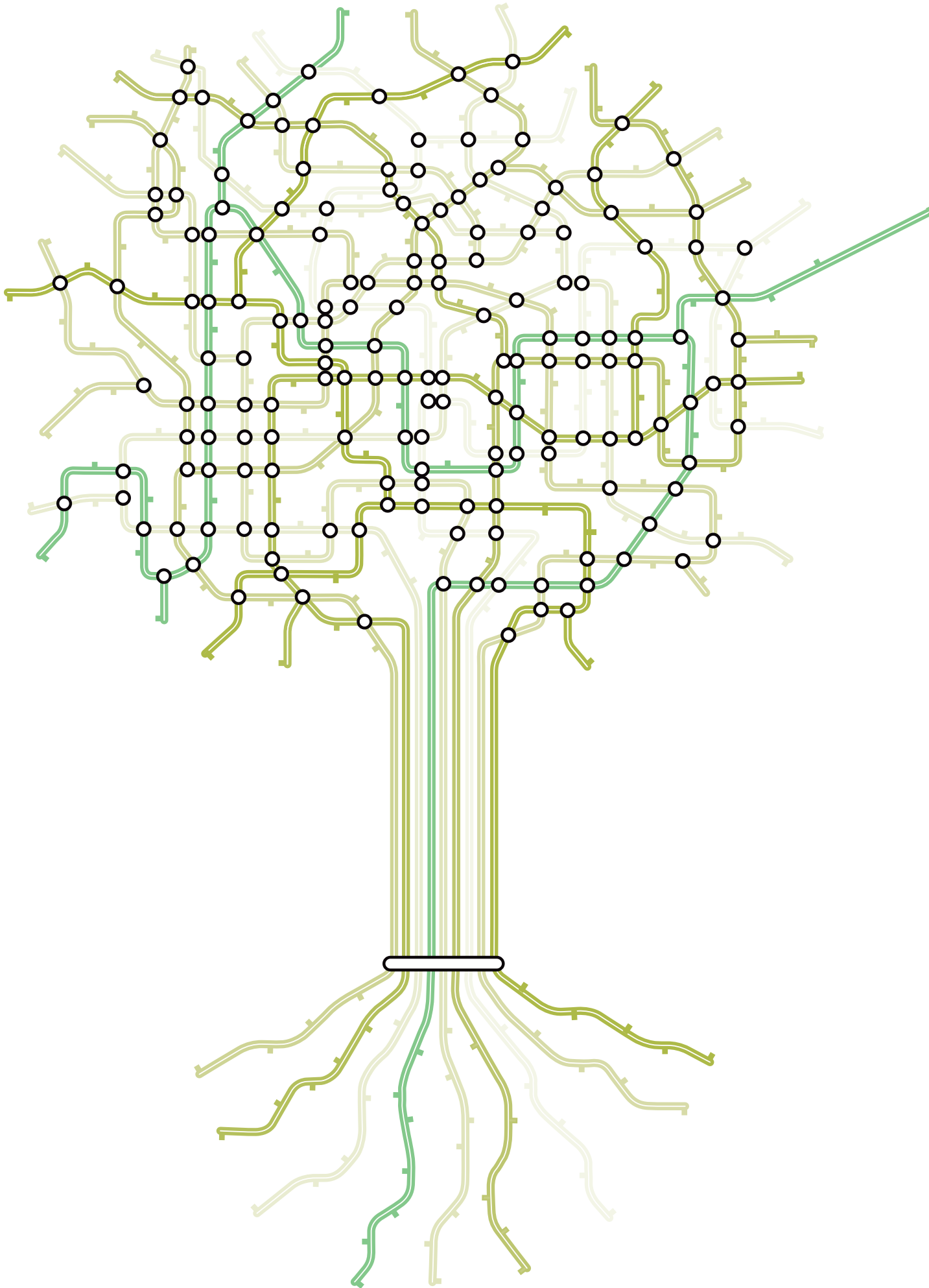
La publicación de este Manual está expresamente contemplada en el vigente Plan de Gestión de Residuos de Aragón (GIRA) 2009-2015 dentro del programa de valorización, líneas de actuación, apartado 3.4.e: “Elaboración de un Manual o Guía (Catálogo de Reciclaje)”.

Este Manual se integra en un acervo de publicaciones, (manuales, guías, etc) de carácter formativo y/o divulgativo, unos de ellos ya disponibles, otros en elaboración o previstos, que el Departamento de Medio Ambiente —por sí sólo o a través del Observatorio de Medio Ambiente de Aragón— pone a disposición de los agentes sociales involucrados en materia de residuos, para dotarlos de instrumentos para la mejor gestión de los mismos





**PRINCIPIOS Y CONCEPTOS
EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS**



3.1

PRINCIPIOS GENERALES. LA JERARQUÍA DE RESIDUOS

En España, como Estado de pleno derecho en la UE, es de aplicación la estrategia y normativa europea. A efectos de este manual, el principio más importante de la política ambiental europea es el principio de jerarquía de residuos.

El 12 de diciembre de 2008 entró en vigor la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo que tiene como objeto establecer medidas destinadas a proteger el medio ambiente y la salud humana mediante la prevención o la reducción de los impactos adversos de la generación y gestión de los residuos, la reducción de los impactos globales del uso de los recursos y la mejora de la eficacia de dicho uso.

Se introduce por primera vez en un texto legislativo comunitario el concepto de "jerarquía", sirve como principio orientador en la legislación y la política de prevención, así como en la posterior gestión de los residuos. Esta jerarquía servirá para priorizar en las políticas ambientales para la prevención y gestión de residuos, y por orden de importancia tenemos: la prevención, preparación para la reutilización, el reciclado, otros tipos de valorización (por ejemplo, la valorización energética) y la eliminación. No obstante, determinados flujos de residuos podrán desviarse de dicha jerarquía cuando ello se justifique por un enfoque de ciclo de vida de los impactos globales de la generación y gestión de dichos residuos.

Si bien la jerarquía de residuos es el vehículo para la implementación de la política de residuos, los principios generales en los que ésta última debe basarse son los de precaución y sostenibilidad, viabilidad técnica y económica, protección de los recursos y de la salud humana, el medio ambiente y los impactos económicos y sociales.

3.2

CONCEPTOS IMPORTANTES EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Para entender mejor el contenido del presente Manual, es conveniente indicar las definiciones de algunos términos importantes que aparecen en la Directiva 2008/98/CE, si bien la futura Ley de residuos puede incorporar algún nuevo matiz a estas definiciones.

Dicha Directiva introduce dos conceptos a los que dada su importancia el manual les dedica dos apartados, **subproductos** y **fin de la condición de residuo**.

PREVENCIÓN

Medidas adoptadas antes de que una sustancia, material o producto se haya convertido en residuo, para reducir:

- a) la cantidad de residuo, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de la vida útil de los productos.
- b) los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de la generación de residuos, o
- c) el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos.

La prevención se ha ido consolidando como el objetivo más importante de las políticas nacionales y de la Unión Europea.

Elementos CLAVES de la prevención

- Mediante la prevención se evita que esa sustancia, material o producto se convierta en residuo.
- La aplicación de medidas preventivas tiene como objeto reducir la cantidad de residuos y por consiguiente los daños al medio ambiente y a la salud.
- Las medidas preventivas van orientadas asimismo a la reducción de las sustancias peligrosas en los productos.
- Tras la aplicación de medidas preventivas pueden existir flujos que requieran una gestión posterior, sin embargo estas medidas implican una serie de beneficios, ya que reducen el consumo de materias primas y recursos, se reducen también los costes de gestión de residuos y los riesgos laborales y medioambientales, lo que se reflejará en el balance económico de la empresa.

REUTILIZACIÓN

Cualquier operación mediante la cual productos o componentes que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos.

PREPARACIÓN PARA LA REUTILIZACIÓN

La operación de valorización consistente en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa.

Elementos CLAVES de la reutilización

- Supone darle una nueva oportunidad a un producto.
- Hay que distinguir entre reutilizar y subproducto.
- Hay que distinguir entre la reutilización de materiales que previamente se han convertido en residuos (“preparación para la reutilización”) de aquella reutilización de materiales que no han llegado a convertirse jurídicamente en residuos (“reutilización”).

RECICLADO

Toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno.

Elementos CLAVES del reciclado

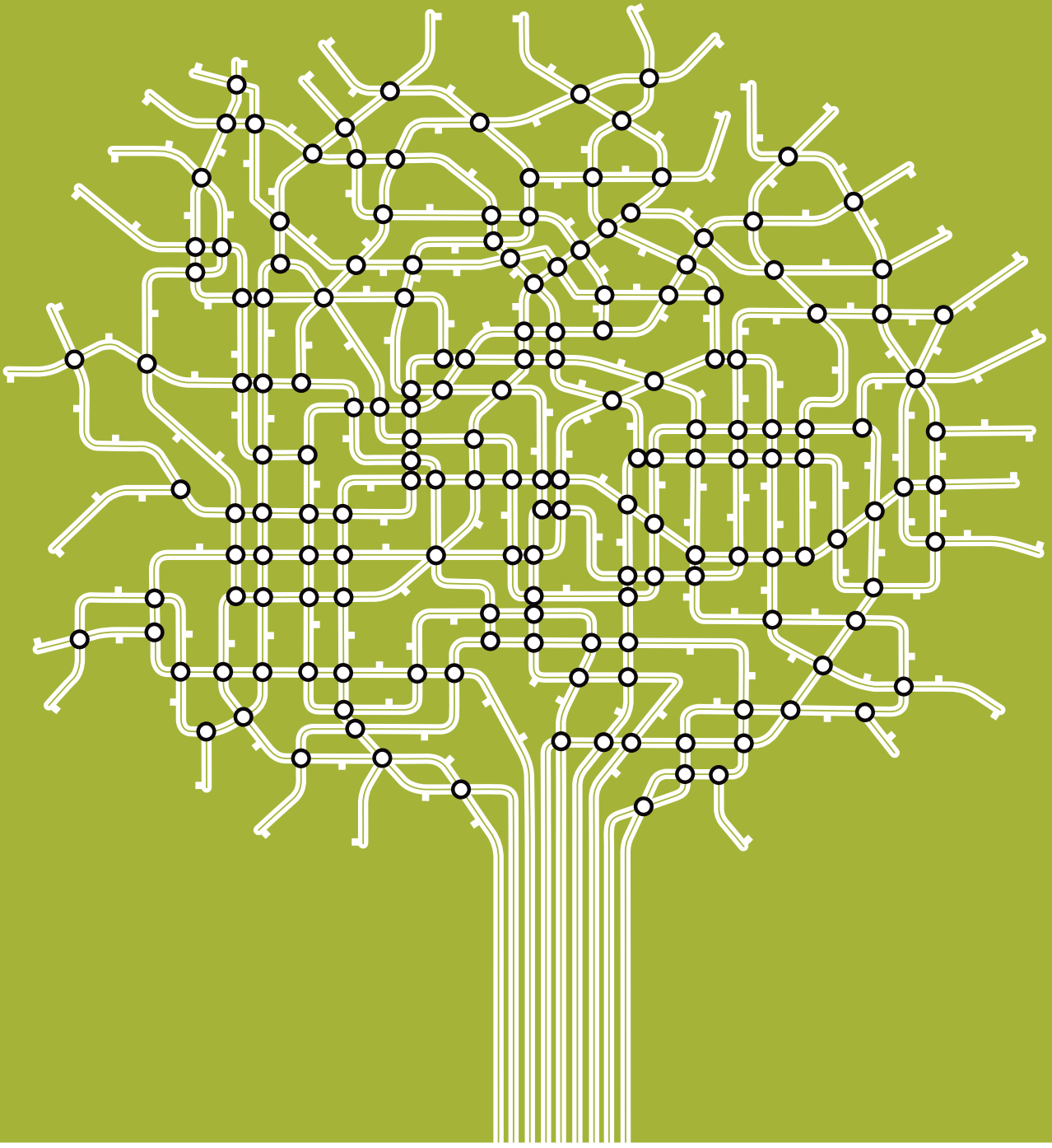
- Reciclar se traduce en: gestionar nuestros residuos a un menor coste económico y ambiental, evitando contaminaciones posteriores, ahorrando recursos...etc.
- Para analizar la viabilidad técnica y económica del reciclado es necesario tener en cuenta los siguientes factores:
 - La necesidad de separación o clasificación previa del residuo o fracción de residuo que se pretende reciclar.
 - La existencia de tecnología adecuada y de las infraestructuras industriales necesarias para el reciclado.
 - La posibilidad de utilización de material resultante del proceso y la existencia de una demanda real, así como la competitividad económica del material obtenido frente a otros disponibles en el mercado.

VALORIZACIÓN

Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esta función, en la instalación o en la economía en general. En el Art. 5.b del Catálogo Aragonés de Residuos se recogen las operaciones de valorización.

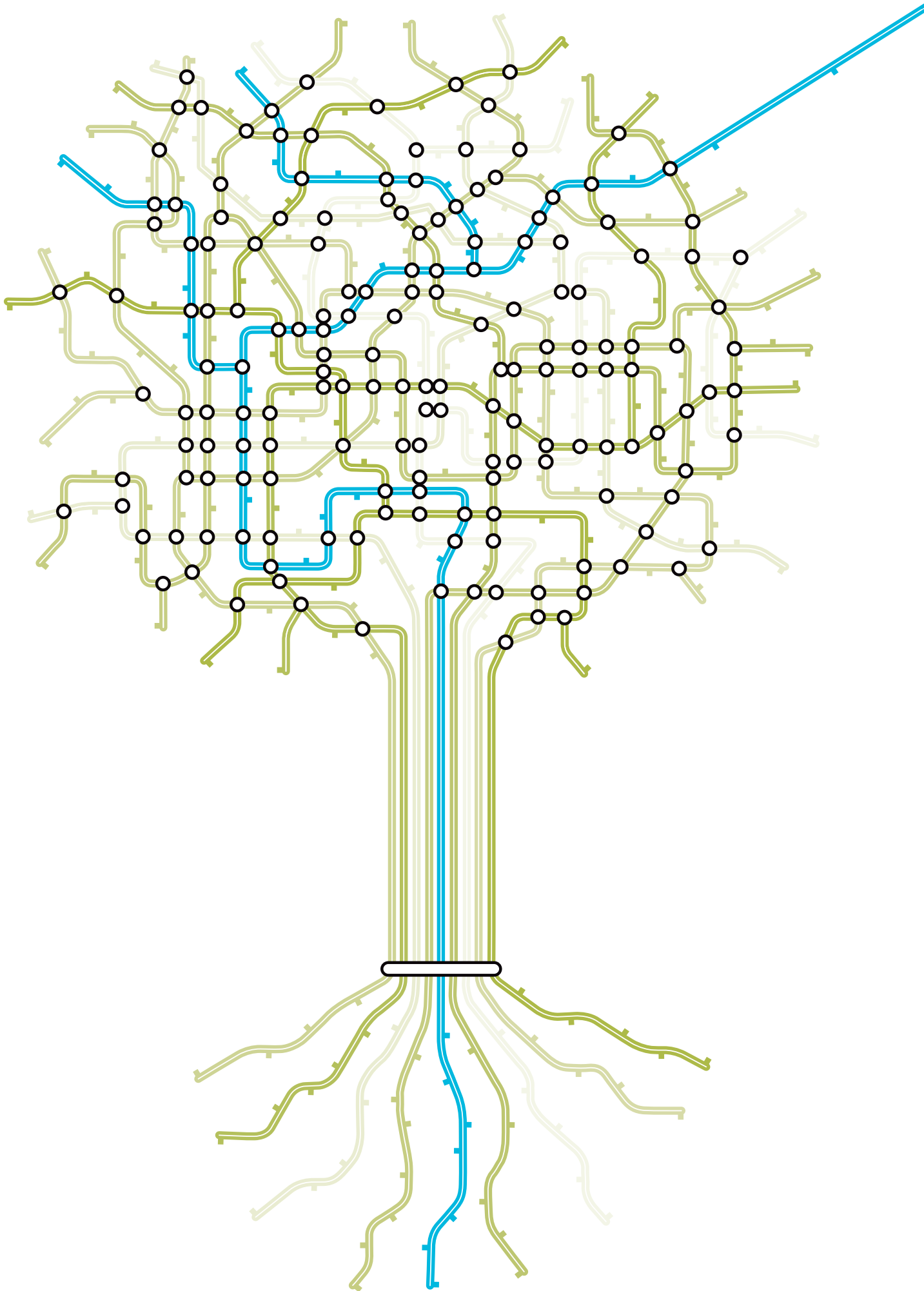
ELIMINACIÓN

Cualquier operación que no sea valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o energía. En el Art. 5.a del Catálogo Aragonés de Residuos se recogen las operaciones de eliminación.



4

LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN ARAGÓN



Sin perjuicio de lo establecido en la normativa europea y estatal, en Aragón la gestión de los residuos tiene algunos aspectos propios que deben ser conocidos por productores y gestores.

4.1

EL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE ARAGÓN

El Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón —GIRA— es el documento de referencia, en el que se recogen las estrategias, objetivos y líneas de actuación del Gobierno de Aragón para la gestión de residuos en la Comunidad Autónoma hasta el año 2015.

El GIRA establece un modelo de gestión basado en la responsabilidad compartida entre la Administración, que asume mayores responsabilidades a las tradicionales de fomento, vigilancia y control, y el resto de agentes implicados, y en el que se conjuga la gestión privada y la pública, para aquellos tipos de residuos en los que la iniciativa privada no ha podido dar una solución satisfactoria.

Distribuye sus actuaciones en dos tipos de programas, por un lado los programas horizontales de actuación, de aplicación a todo tipo de residuos y a todos los ámbitos del mismo, desde la prevención hasta el control y gestión, y por otro los programas verticales de actuación, de carácter sectorial que aplica a un tipo determinado de residuos.

Los programas horizontales son tres: prevención; valorización y control. Y los sectoriales seis: residuos peligrosos, industriales no peligrosos, neumáticos fuera de uso, residuos de construcción y demolición, residuos urbanos y un programa específico para el tratamiento coordinado de la materia orgánica biodegradable.

Esta actualización del Plan de gestión, supone además un avance en la importancia concedida a la prevención, dotando a esta de un programa propio y separando claramente a la prevención de otras operaciones de gestión como el reciclado.

Para la consecución de los objetivos anteriores, el Plan establece una serie de líneas de actuación de carácter general, como la potenciación de las herramientas normativas para prevenir la generación de residuos y la contaminación asociada a su gestión o el fomento de la incorporación de herramientas de gestión medioambiental como los Análisis de Ciclo de Vida, Ecodiseño o Ecoeficiencia en los procesos de fabricación, entre otras.

Para el desarrollo y puesta en marcha de los distintos programas de actuación, se desarrollan una serie de instrumentos: normativos; económicos; técnicos; y de colaboración entre los agentes implicados y la administración; Asimismo se establece un sistema de seguimiento y control continuos con participación de los agentes sociales.

El Plan, que contempla mecanismos de evaluación, seguimiento y revisión tiene vocación de promover la generación de energías limpias y la creación de empleo, a la par de minimizar los impactos ambientales causados por los residuos, mediante la mejor gestión ambiental de los mismos.

4.2

LA ESTRATEGIA ARAGONESA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍAS LIMPIAS (EACCEL)

En Aragón contamos con la Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias (EACCEL), aprobada por Acuerdo del Consejo de Gobierno de 23 de septiembre de 2009. En la misma se pone de manifiesto la integración de la política de residuos con la de la lucha contra el cambio climático.

En la EACCEL se recogen diferentes líneas de actuación que contribuyen a la reducción en las emisiones, como la elaboración de estudios de minimización de residuos por parte de empresas, colectivos e instituciones y su posterior implantación o la introducción en las empresas de sistemas de mejora.

Toda actuación que se plantee para incidir en la prevención de la generación de residuos supone un menor consumo energético, y por tanto, una reducción de las emisiones a la atmósfera de las actividades de gestión del residuo no generado y de los transportes no efectuados.

4.3

EL CATÁLOGO ARAGONÉS DE RESIDUOS

En Aragón, mediante Decreto 148/2008, de 22 de julio, del Gobierno de Aragón, se aprobó el Catálogo Aragonés de Residuos.

El Catálogo tiene por objeto el establecimiento de una clasificación por categorías de los residuos y su codificación así como la determinación de las operaciones de valorización y eliminación a realizar a cada uno de los residuos en la Comunidad Autónoma de Aragón, en el marco del régimen jurídico básico estatal aplicable a los residuos y de la planificación autonómica en la materia.

El Catálogo se basa en la clasificación de los distintos tipos de residuos, según la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero y permite conocer las operaciones de gestión más adecuadas y permitidas desde el punto de vista ambiental, técnico y económico para cada residuo, mediante un proceso de revisión y actualización, asegurando la participación de los agentes sociales afectados, para que el documento sea eficaz y flexible, y asegurar su adaptación a la evolución tecnológica.

El Catálogo pretende garantizar que en la gestión de los residuos de Aragón se respete la jerarquía definida en la Estrategia Comunitaria para los residuos, en su mismo orden de prioridad. Existe no obstante y de forma excepcional, la posibilidad de autorizar tratamientos diferentes a los recogidos en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando, por las especiales características fisicoquímicas del residuo, éste no pueda tratarse conforme a los tratamientos recogidos o cuando los efectos del tratamiento propuesto redunden en un mayor beneficio para el medio ambiente y una vez que ya se han aplicado las medidas preventivas posibles.

El procedimiento y condiciones contemplados para el otorgamiento de autorizaciones de tratamientos diferentes a los recogidos en el Catálogo Ara-

gonés de Residuos, también será de aplicación a aquellos residuos para los que el Catálogo no recoja ninguna operación de tratamiento final.

Tal y como establece el Catálogo Aragonés de Residuos, la valorización material de residuos es prioritaria frente a la valorización energética y ésta frente a la eliminación. Todo residuo potencialmente reciclable o valorizable deberá ser destinado a estos fines.

4.4

LOS SERVICIOS PÚBLICOS DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Un rasgo propio del GIRA es la adopción de la fórmula de servicio público de titularidad autonómica para la gestión de determinados flujos de residuos generados en Aragón.

Teniendo en cuenta la previsión del artículo 12.3 de la Ley 10/1998, de residuos, las Cortes de Aragón declararon, a través de la Ley 26/2003 de 30 de diciembre de medidas tributarias y administrativas, servicio público de titularidad autonómica las siguientes actividades de gestión de residuos en la Comunidad Autónoma de Aragón:

- Eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.
- Eliminación de residuos industriales no peligrosos no susceptibles de valorización.
- Valorización y eliminación de neumáticos fuera de uso.
- Eliminación de residuos peligrosos.

Esta declaración por ley como servicio público de las operaciones de algunos residuos, lleva implícito un mandato al Gobierno de Aragón para solventar el déficit existente en esta materia mediante el impulso de un servicio público que garantice la consecución de los objetivos marcados por la planificación ambiental.

Un servicio que, en definitiva, garantice que la valorización y/o eliminación de los residuos se realice en las mejores condiciones de eficacia y control administrativo posibles y con la mayor transparencia.

El Gobierno de Aragón asume, de esta forma, una responsabilidad directa sobre determinadas actividades de gestión que quedan intervenidas por la acción pública, salvaguardándose los derechos de los gestores autorizados.

La implantación de estos servicios públicos implica importantes inversiones privadas favorecedoras de empleo.

Se muestran en este apartado unos flujogramas a través de los cuales se explica la gestión de los siguientes residuos en la Comunidad Autónoma de Aragón, teniendo en cuenta la implantación de los citados servicios públicos. Se incluye un flujograma relativo a los residuos urbanos con la finalidad de tener el planteamiento general de la gestión de residuos en Aragón:

- Neumáticos fuera de uso
- Residuos de construcción y demolición
- Residuos peligrosos
- Residuos industriales no peligrosos
- Residuos urbanos

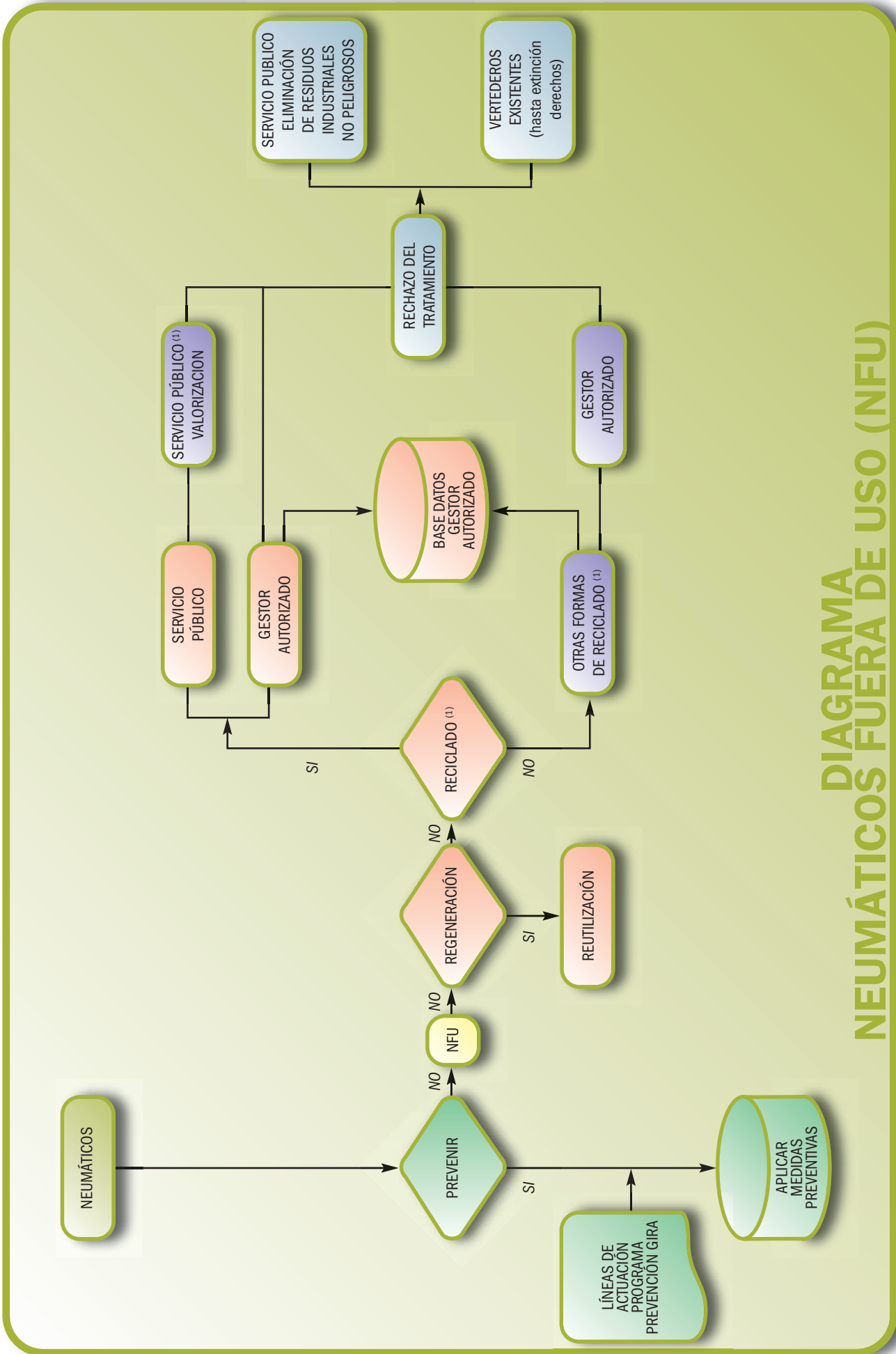


DIAGRAMA NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU)

(1) En caso de traslado para su gestión a otra CC.AA., se requerirá autorización previa de traslado

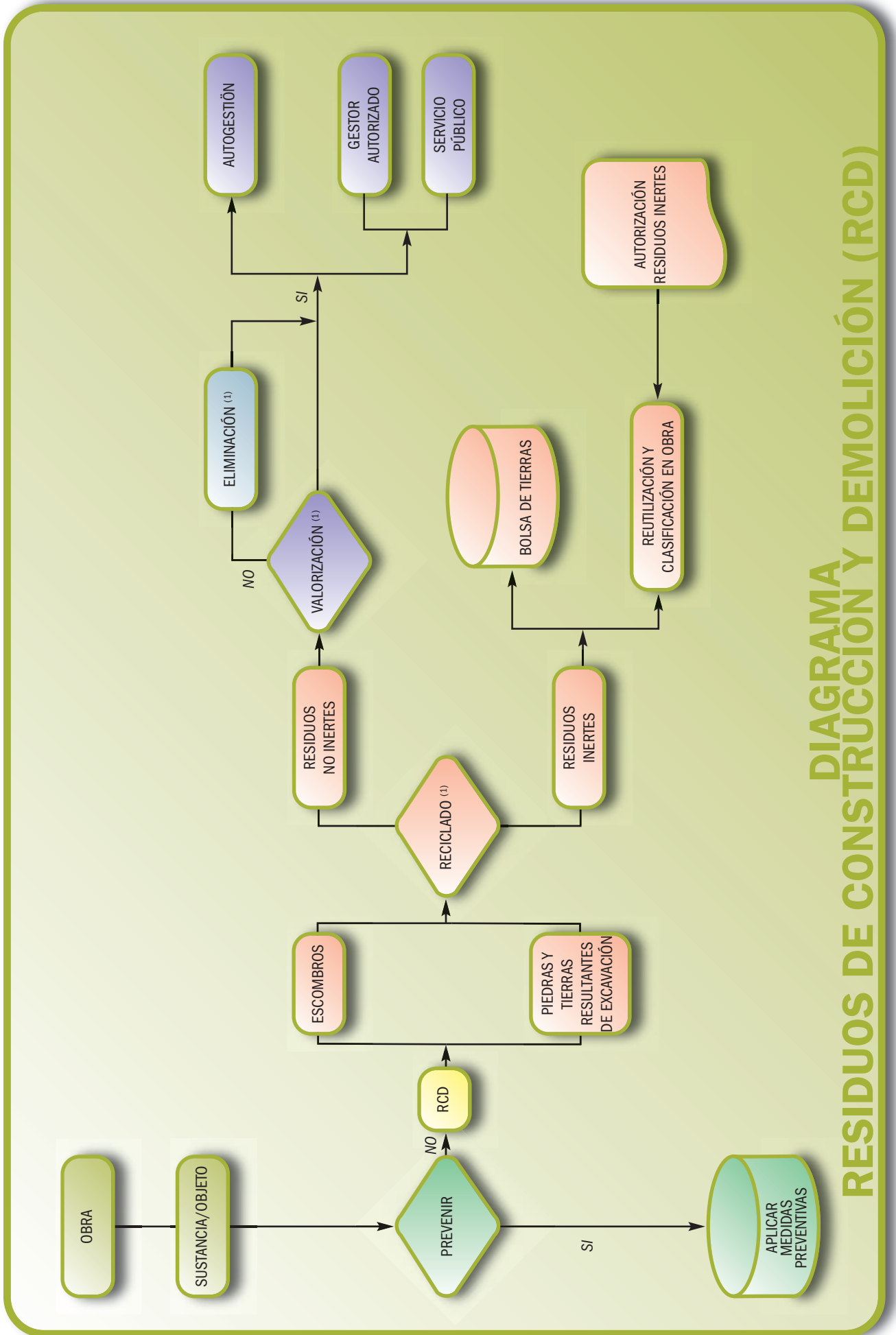
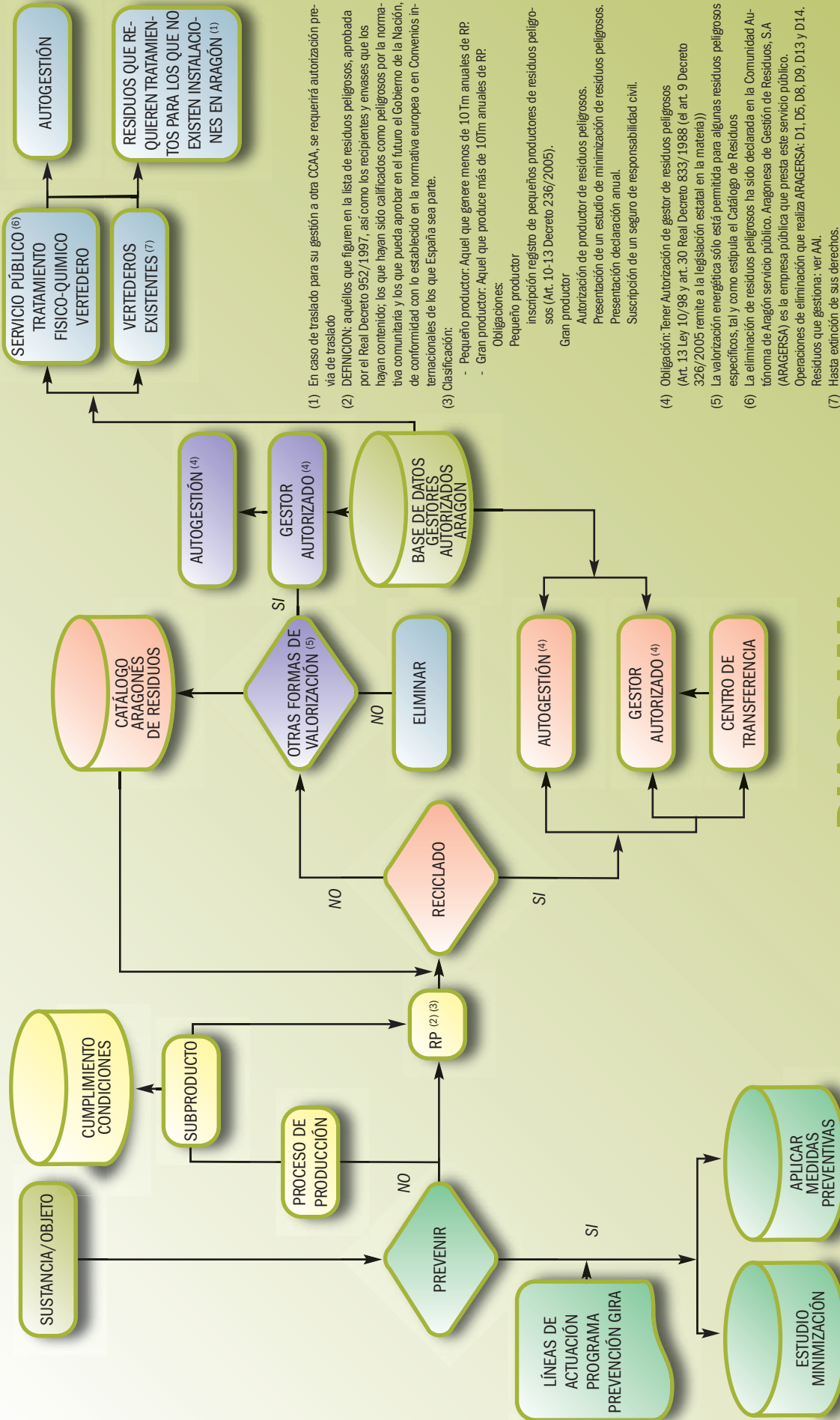


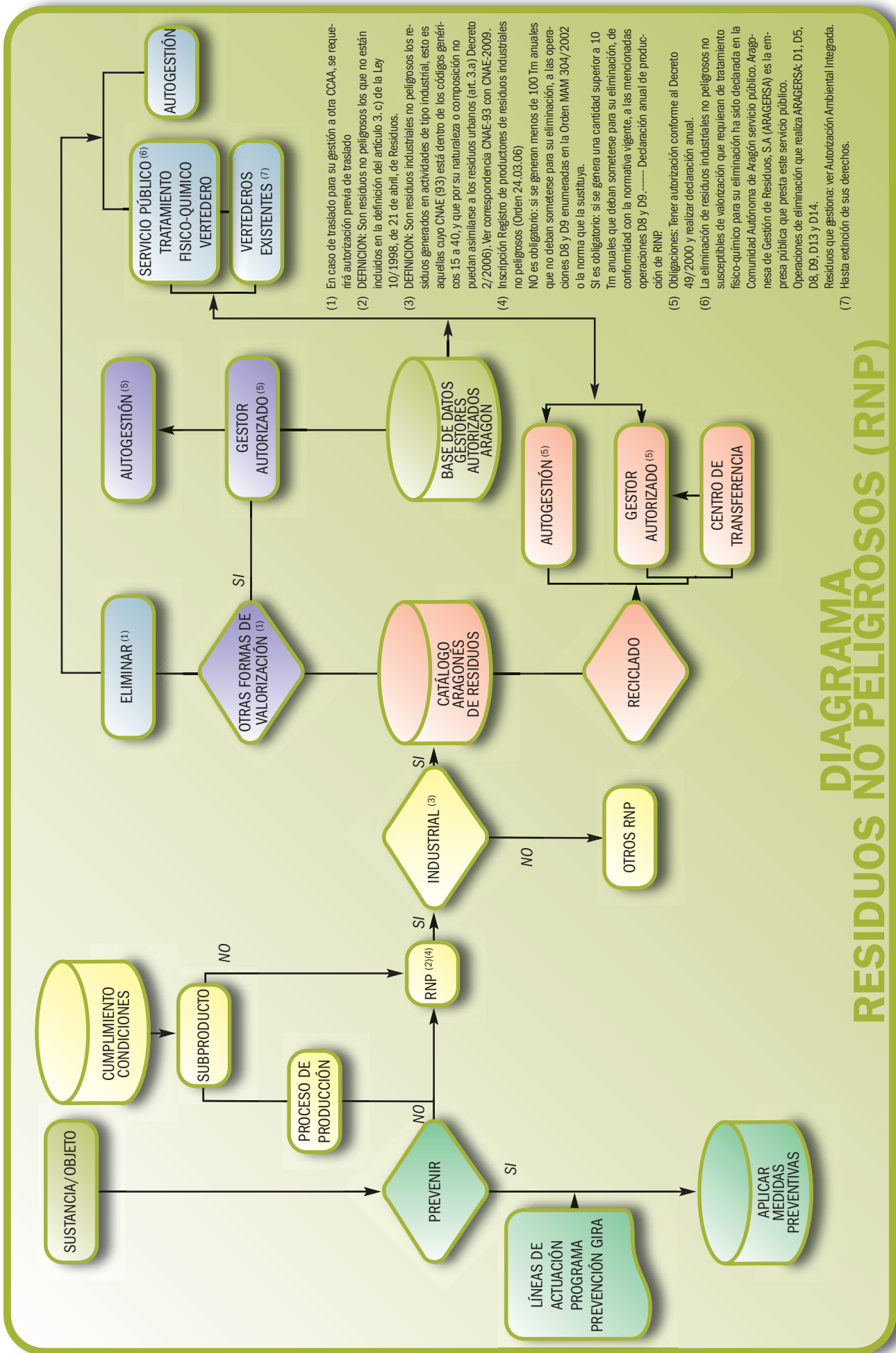
DIAGRAMA RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

(1) En caso de traslado para su gestión a otra CC.AA., se requerirá autorización previa de traslado



- (1) En caso de traslado para su gestión a otra CCAA, se requerirá autorización previa de traslado
- (2) DEFINICIÓN: aquéllos que figuren en la lista de residuos peligrosos, aprobada por el Real Decreto 952/1997, así como los recipientes y envases que los hayan contenido, los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar en el futuro el Gobierno de la Nación, de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en Convenios internacionales de los que España sea parte.
- (3) Clasificación:
 - Pequeño productor: Aquel que genere menos de 10Tm anuales de RP.
 - Gran productor: Aquel que produce más de 10Tm anuales de RP.
- Obligaciones:
 - Pequeño productor: inscripción registro de pequeños productores de residuos peligrosos (Art. 10-13 Decreto 236/2005).
 - Gran productor: Autorización de productor de residuos peligrosos. Presentación de un estudio de minimización de residuos peligrosos. Presentación declaración anual. Suscripción de un seguro de responsabilidad civil.
- (4) Obligación: Tener Autorización de gestor de residuos peligrosos (Art. 13 Ley 10/98 y art. 30 Real Decreto 833/ 1988 (el art. 9 Decreto 326/2005 remite a la legislación estatal en la materia))
- (5) La valorización energética sólo está permitida para algunos residuos peligrosos específicos, tal y como estipula el Catálogo de Residuos
- (6) La eliminación de residuos peligrosos ha sido declarada en la Comunidad Autónoma de Aragón servicio público. Aragonesa de Gestión de Residuos, S.A (ARAGERSA) es la empresa pública que presta este servicio público.
- (7) Operaciones de eliminación que realiza ARAGERSA: D1, D5, D8, D9, D13 y D14. Residuos que gestiona: ver AAI.
- (7) Hasta extinción de sus derechos.

DIAGRAMA RESIDUOS PELIGROSOS (RP)



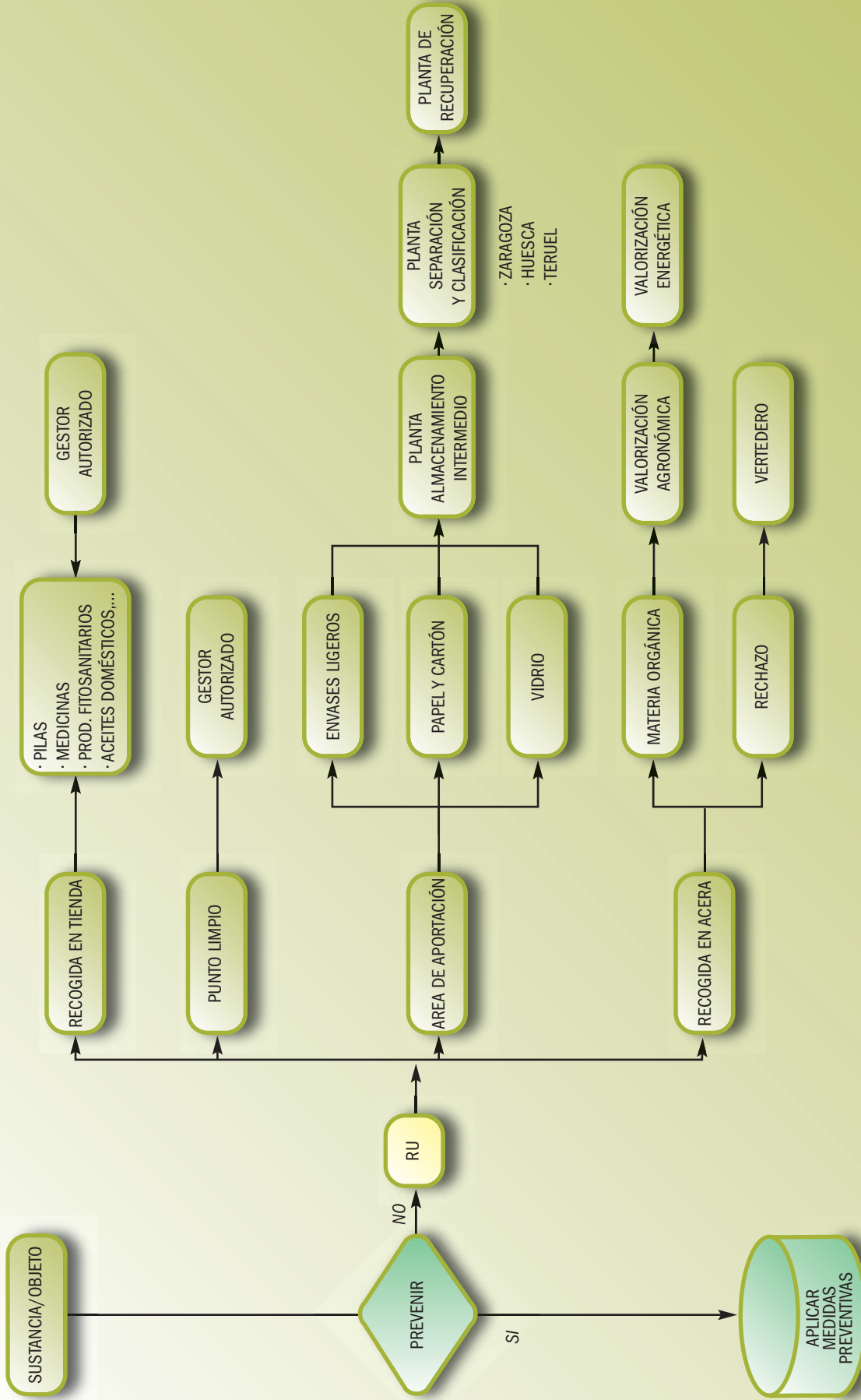


DIAGRAMA RESIDUOS URBANOS (RU)

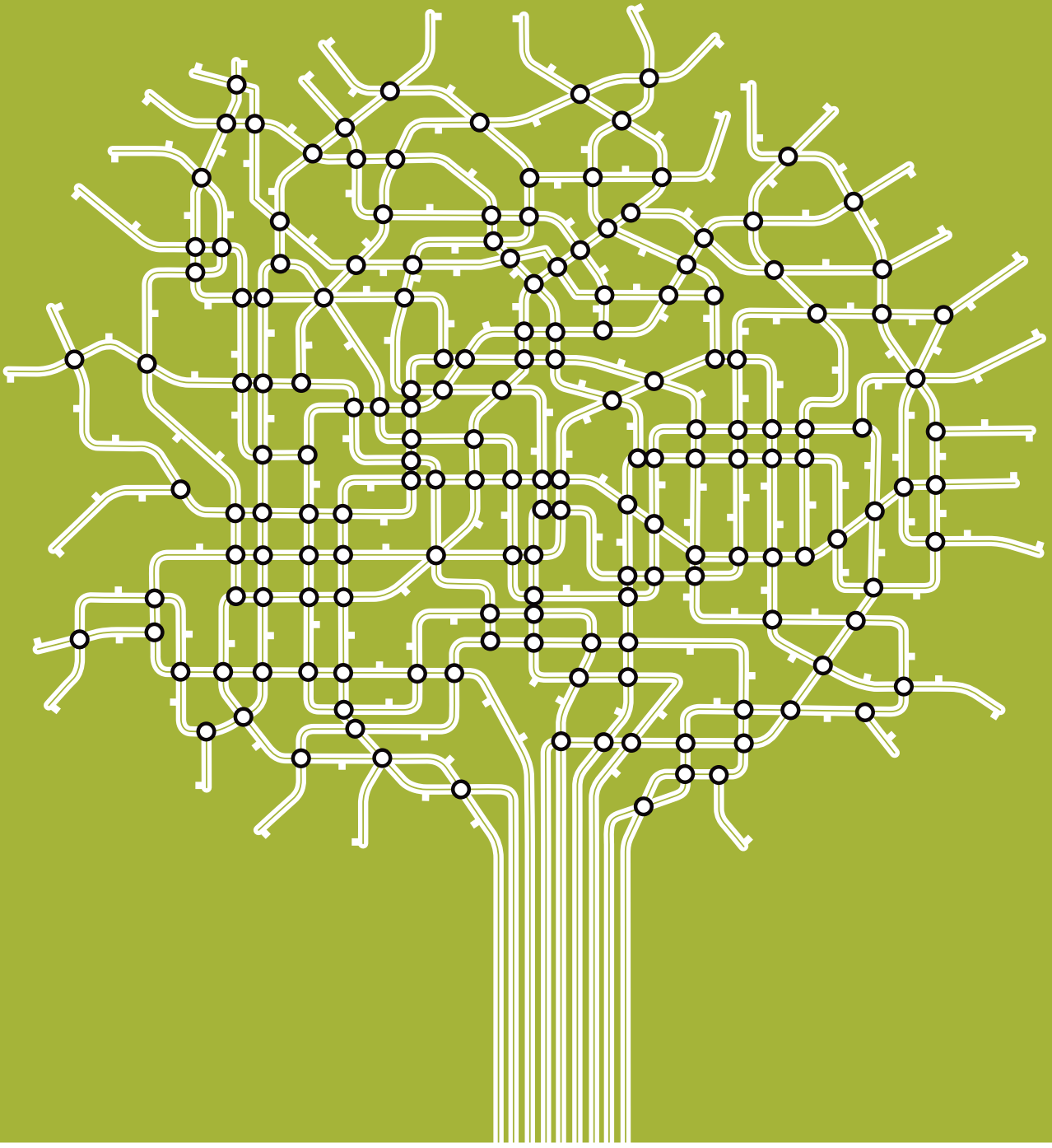
Los rechazos resultantes de la gestión integral de los RU que hayan agotado las operaciones de la jerarquía de residuos se depositarán en vertedero controlado.

4.5

FUENTES DE INFORMACIÓN ÚTIL

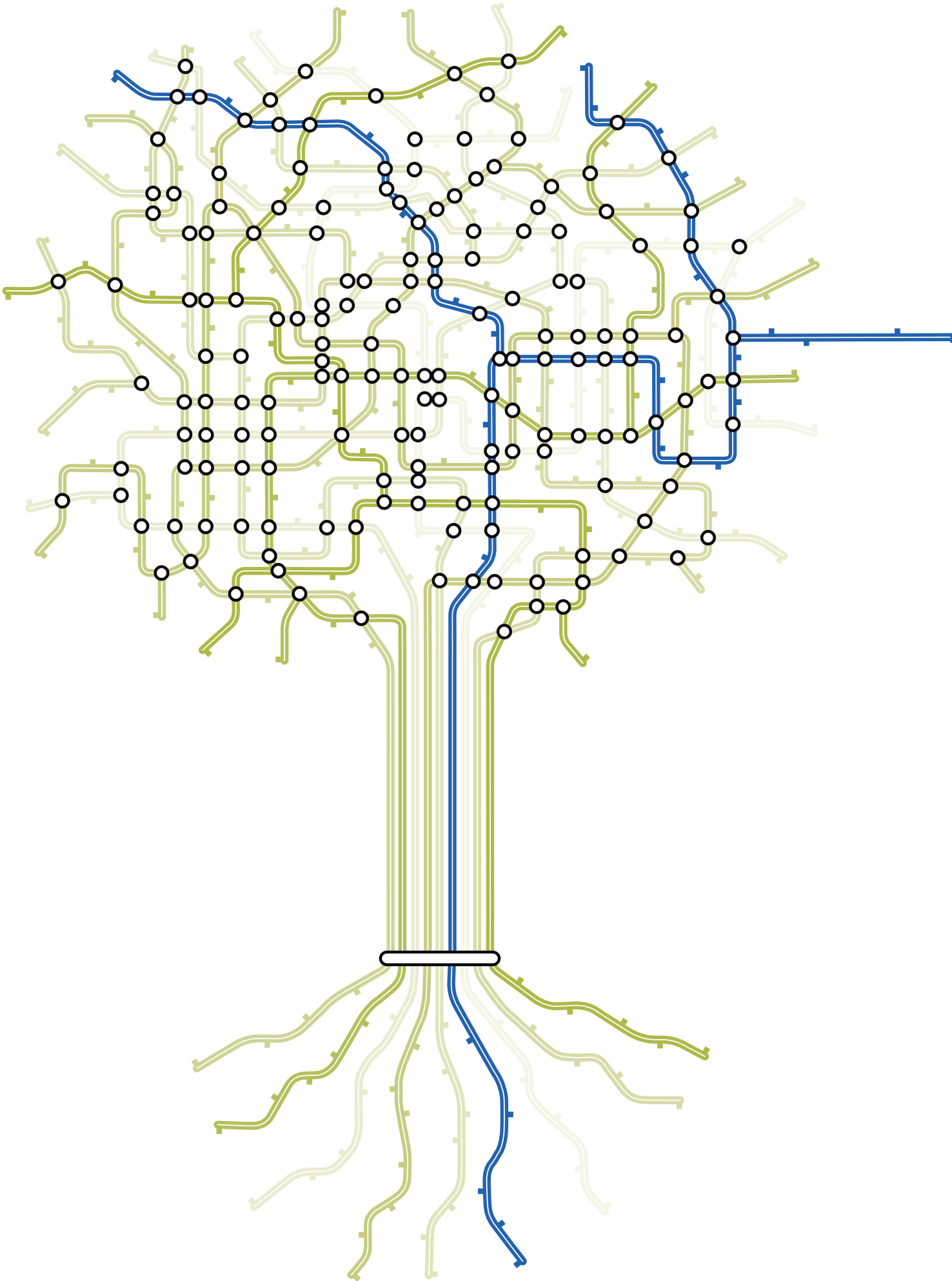
Una de las líneas de actuación del Plan GIRA, contemplada en su Programa de Prevención, consiste en facilitar el acceso a la información ambiental más relevante a los productores y gestores de residuos, proporcionándoles una documentación y medios de referencia que oriente su acción hacia la prevención de la generación de residuos y a la optimización de su gestión, para tratar de evitar las carencias de información en aspectos básicos (conceptos, definiciones, etc.).

En la página web del Departamento de Medio Ambiente (www.aragon.es) y en la página del Observatorio de Medio Ambiente de Aragón (OMA) (www.omaaragon.es) está disponible información de interés para productores y gestores de residuos que se actualiza y amplía continuamente.





**PRINCIPIOS Y CONCEPTOS
EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS**



5.1

¿POR QUÉ DEBEMOS DE GESTIONAR CORRECTAMENTE NUESTROS RESIDUOS?

Realizar una gestión correcta de los residuos generados, que mejoren la situación ambiental del centro de trabajo tiene, en algunas ocasiones, un coste menor al imaginado.

Una correcta gestión de los residuos proporciona una buena imagen del centro de trabajo ante la sociedad y ante los consumidores que permite aumentar la competitividad respecto a empresas similares y por otra parte, supone un ahorro en costes de gestión de residuos, lo que permite obtener una buena rentabilidad, independientemente de tamaño del centro de trabajo.

Los beneficios de la correcta gestión de residuos pueden resumirse, en los siguientes:

- Se evita el desperdicio de recursos y supone el ahorro de materias primas.
- Optimización de los procesos y control en el uso de materias primas y recursos.
- Disminución de la cantidad y peligrosidad de los residuos.
- Se consigue un ambiente de trabajo con menores riesgos para la salud de los trabajadores por manipulación de residuos.
- Reducción de los impactos ambientales derivados de los procesos de gestión de residuos (Ej. Disminución en emisiones a la atmósfera).
- Ahorro de los consumos de energía y/o agua.
- Mejora de la imagen de la empresa, aumentando su competitividad.

De manera similar a cualquier otra planificación o toma de decisiones en el mundo empresarial, el diseño del sistema de gestión más adecuado debe de abordarse con un planteamiento global y sin restricciones, y de acuerdo con el siguiente esquema metodológico:



5.2

EL PRIMER PASO. SITUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL RESIDUO

Una vez identificados los residuos generados en una actividad, resulta de vital importancia su correcta **CODIFICACION**, con el fin de aplicar el tratamiento más adecuado. La clasificación de los residuos constituye una obligación del productor del residuo.

Contamos con varios instrumentos a la hora de clasificar o codificar los residuos:

- **Lista Europea de Residuos (código LER)**, recogida en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la Lista Europea de residuos.
- Codificación según el **Real Decreto 833/1988**, de 20 de julio, por el que se aprueba el reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos.

La Lista Europea de Residuos recoge las operaciones de valorización (R1 a R13) y eliminación (D1 a D15) de residuos.

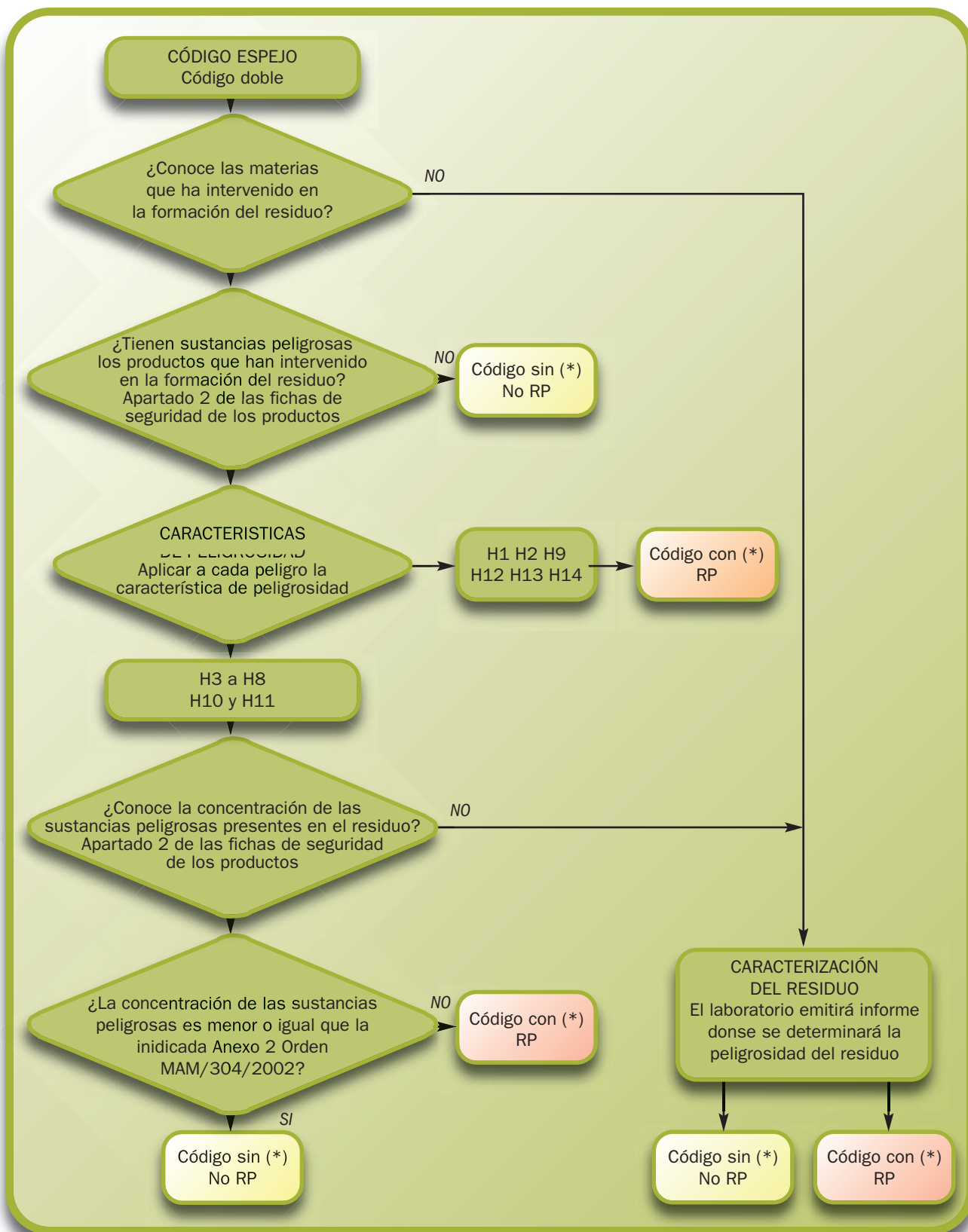
En un principio, en esta Lista se recogen todo los posibles materiales en función de la fuente o actividad que los ha generado. La propia Orden habla de “materiales” en tanto en cuanto el hecho de que se recojan en la citada Lista no significa que sean siempre residuos. Sólo lo serán aquellos que se ajusten a la definición de residuo (“cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse”).

En la actualidad la lista europea de residuos consta de 839 códigos de residuos. 405 códigos son los códigos de residuos peligrosos. La codificación de residuos se realiza a través de seis códigos de dos dígitos (XX YY ZZ).

La sección XX principales 1 a 20, proporciona información general sobre el grupo de residuos (por ejemplo, grupo con un mismo origen), la Subsección YY, proporciona información más detallada sobre el subgrupo de residuos, y ZZ es el número consecutivo para cada tipo de residuos.

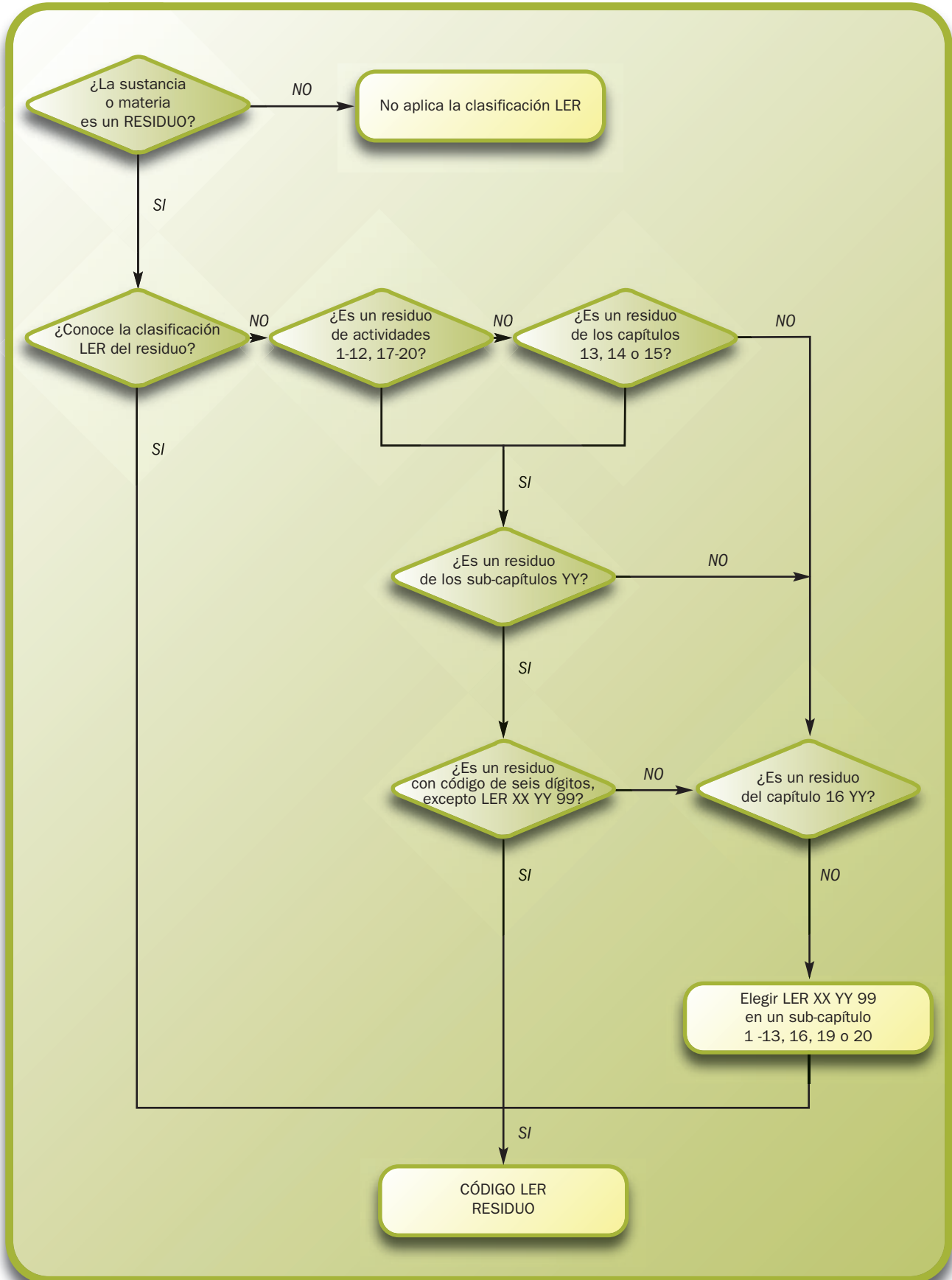
En esta lista se recogen la codificación de los residuos peligrosos (señalados con un asterisco), residuos no peligrosos y los llamados “código espejo”, es decir, residuos que pueden codificarse como residuos peligrosos o residuos no peligrosos en función de la concentración de sustancias peligrosas presentes en el mismo.

En este caso, es necesario conocer qué sustancias están presentes en él, su concentración, sus características de peligrosidad y los riesgos asociados. Esta información, se encuentra en la mayoría de los supuestos en las fichas de seguridad de los productos de los que proceden los residuos.



Hay que tener en cuenta que algunas unidades de producción específicas pueden necesitar varios capítulos para clasificar sus actividades: por ejemplo, un fabricante de automóviles puede encontrar sus residuos en los capítulos 12 (residuos del moldeo y del tratamiento de superficie de metales y plásticos), 11 (residuos inorgánicos que contienen metales procedentes del tratamiento y del recubrimiento de metales) y 08 (residuos de la utilización de revestimientos), dependiendo de las diferentes fases del proceso de fabricación

Cabe mencionar la posibilidad de codificar asimismo los residuos conforme al sistema establecido en el Real Decreto 833/1988 que fija también un sistema de identificación de los residuos, si bien este sistema suele emplearse cada vez menos.



5.2.1

Fichas de seguridad de los productos

En un principio, no sería necesario acudir ni a las fichas de seguridad de los productos ni a la caracterización analítica de los residuos salvo cuando no se posible la codificación de un residuo.

Las fichas de seguridad nos dan información sobre un producto o materia pero no sobre un residuo. No obstante, la información dada en estas es importante porque nos permite conocer qué sustancias y cantidad de éstas contiene cada producto. Por analogía, éstas estarán presentes en el residuo.

La ficha de datos de seguridad, tanto para sustancias como para preparados, debe ser facilitada al destinatario en el momento de la primera entrega del producto peligroso, o incluso antes, para que pueda tomar las medidas necesarias encaminadas a prevenir posibles riesgos en su utilización.

5.2.2

Caracterización analítica del residuo

Consiste en un análisis del residuo con el fin de conocer las sustancias peligrosas contenidas en el mismo y su concentración, características de peligrosidad asociadas a cada sustancia y peligrosidad global del residuo.

Para realizar la caracterización, se deben utilizar los métodos definidos en la Orden de 13 de octubre de 1989 sobre métodos de caracterización de residuos.

Por otro lado, hay que tener en cuenta un elemento de flexibilidad que introduce la Orden MAM 304/2002, referido a los residuos peligrosos en general, es el recogido en la Disposición Segunda, párrafo segundo sobre la posibilidad de clasificación o **desclasificación** de residuos por parte de las Comunidades Autónomas, de manera que un residuo que figure en la Lista como peligroso puede no tener tal consideración si, de acuerdo con las pruebas documentales presentadas por el poseedor, no presenta ninguna de las características de peligrosidad establecidas por la normativa (Tabla 5 del anexo I del RD 833/88 modificado por el RD 952/97).

Asimismo, se puede determinar que un residuo que no figura en la Lista, tenga la condición de peligroso si se determina que sí reúne las condiciones de peligrosidad.

La desclasificación de un residuo es beneficiosa tanto para el productor como para el gestor del residuo en cuestión:

- El beneficio ambiental es incuestionable.
- Menor coste económico de la gestión.
- Reducción del número de trámites al estar ante un residuo no peligroso.
- Posibilidad de pasar de ser un gran productor a pequeño productor (en función de la cantidad desclasificada)

Un claro ejemplo son los envases que han contenido sustancias peligrosas. Según ante la concentración de sustancias peligrosas que nos encontremos, éstos podrán tener la consideración de peligrosos o de no peligrosos.

Cabría la posibilidad de lavado de los mismos si bien deberían ofrecerse garantías de que se elimina el producto que contenía el envase así como que las aguas de lavado son tratadas de forma ambientalmente correcta, sin generar residuos adicionales.



La **desclasificación de un residuo peligroso en un residuo no peligroso** requiere la modificación o baja de la autorización de producción de residuo peligroso y, en su caso, la obtención de un nuevo título habilitante.

5.3

IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS, SELECCIÓN E IMPLANTACIÓN DE ALTERNATIVAS

De manera general, y en función del momento de aplicación, existen dos grandes grupos de medidas:

- Medidas preventivas, cuya finalidad es que se evite la generación de residuos.
- Medidas correctoras o de gestión, que se aplican una vez se han generado los residuos.

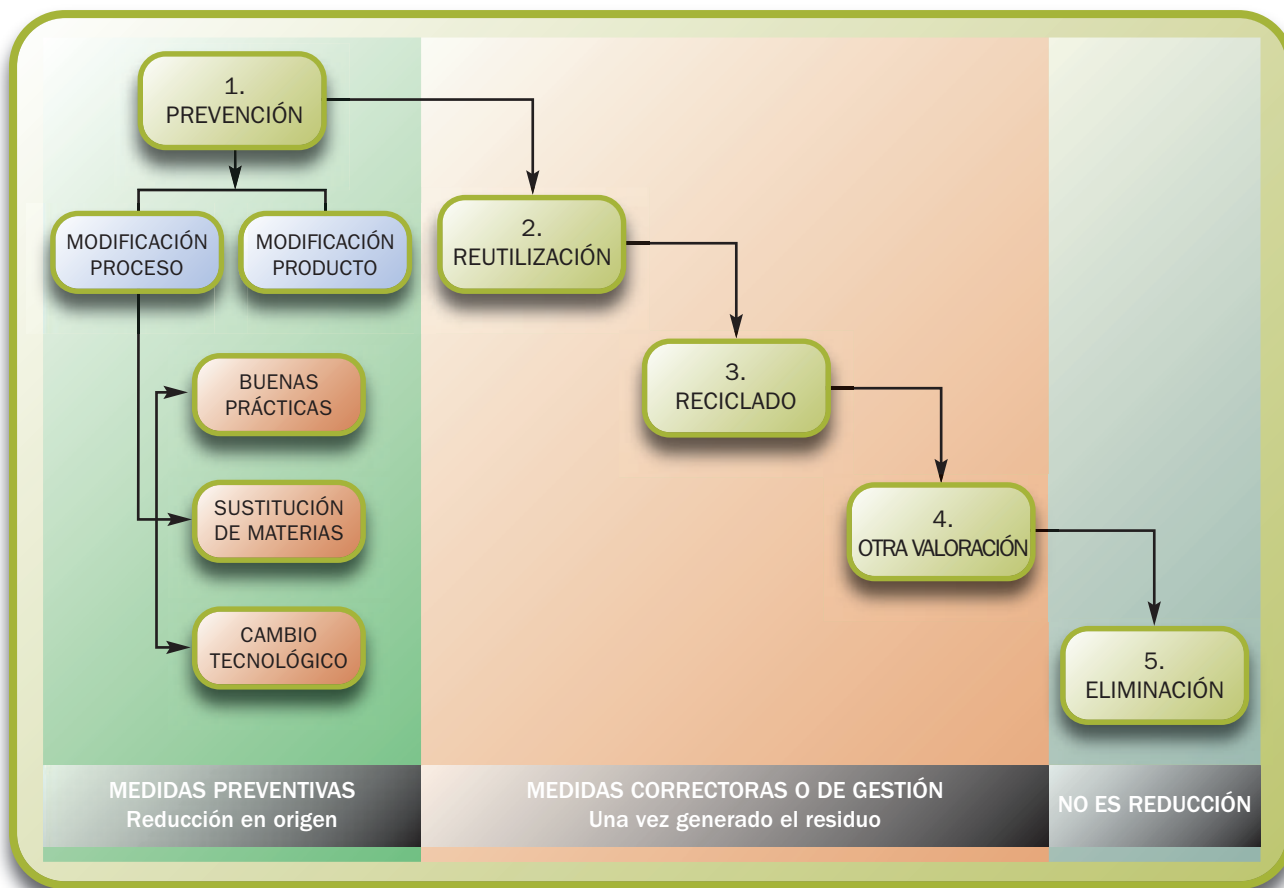
La prevención se considera la opción prioritaria dentro de la jerarquía de residuos, tal y como establecen los principios recogidos en este manual, los cuales se inspiran en la normativa europea y estatal. Sin duda, el mejor residuo es aquel que no se produce.

Así, atendiendo a este orden de prioridades, optaremos en primer lugar por aquellas medidas que consigan la reducción en origen (dentro del centro de trabajo) de la cantidad o la peligrosidad de los residuos generados.

Para ello, podrán aplicarse modificaciones al producto (ej. composición del mismo) y/o modificaciones del proceso (sustitución de materias, cambios tecnológicos, buenas prácticas) que eviten o disminuyan la generación de residuos (de la cantidad o la peligrosidad de los mismos), tanto en el proceso productivo como en las etapas posteriores a su producción.

Si esto no es posible, acudiremos a medidas correctoras o de gestión, priorizando, en este orden la reutilización, el reciclado u otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética. Con todo ello, ahorramos materias primas, energía y agua, y reducimos el vertido de todo aquello que sea aprovechable, siendo la eliminación en vertedero controlado la última opción.

Debe quedar claro que prácticas como la reutilización, el reciclado, la valorización o la eliminación, no son prácticas de reducción sino de gestión y que una vez que hemos gestionado los residuos, difícilmente se va a poder actuar sobre ellos para reducir la peligrosidad o la cantidad.



Una vez sentados los principios generales, desarrollaremos los mismos.

5.3.1 Medidas PREVENTIVAS

Pueden llevarse a cabo:

- **Introduciendo cambios en el proceso de producción**, a través de, por ejemplo:
 - Implantación de sistemas de gestión ambiental conforme a la Norma UNE EN ISO 14001 o EMAS, que suponen cambios en la organización de la empresa. Los beneficios para el centro de trabajo son varios, entre otros: cumplimiento de la normativa ambiental y anticipación a la misma, reducción de riesgos al medio ambiente, mejora de la imagen de la empresa, eficacia en los procesos.
 - Mediante la adopción de Buenas Prácticas. Estas se definen como aquellas acciones que pretenden reducir perjuicios sistemáticos o accidentales del sistema productivo sobre el entorno, sobre los recursos naturales y el ser humano, minimizando las emisiones de gases y ruidos a la atmósfera, los vertidos líquidos a cauces, espacios naturales y aguas subterráneas y los residuos sólidos a vertedero o al suelo directamente, pero que necesitan ser asumidas por la empresa, entendida en su globalidad, previamente a su aplicación, constituyéndose estas prácticas en actuaciones de gran rentabilidad, que dotan a la empresa de seguridad y que optimizan los procesos.

Así, ejemplos de buenas prácticas son:

En el ámbito de las compras:

- Es recomendable no comprar materiales en exceso para evitar que se conviertan en residuos por caducidad. Compre únicamente la materia prima necesaria para operar durante un tiempo determinado.
- Compre el material a granel o en grandes formatos de envase, son más baratos y generan menos residuos de envases.
- Analice cómo se puede reducir el número de productos y materiales que se compran habitualmente.
- Si es posible, adquiera materiales y productos en zonas geográficamente cercanas para reducir costes de transporte y la contaminación derivada del mismo.
- Compre los productos elaborados con materiales reciclados y que hayan sido diseñados para su reutilización.
- Compre productos biodegradables para evitar la contaminación del medio ambiente cuando se utilicen.
- Solicite a los proveedores que le sirvan los materiales en envases reutilizables.
- Adquiera equipos que optimicen el consumo de energía, agua o materiales. Busque productos con etiquetas ecológicas o que tengan un menor impacto sobre el medio ambiente.
- En la medida de lo posible reemplace materiales contaminantes por otros más respetuosos con el medio ambiente.
- Establezca los mecanismos para comercializar materias primas o productos que están caducando o se estén quedando obsoletos.
- Implante procedimientos de control de calidad de los productos adquiridos previos a su aceptación por parte de la empresa.

En el ámbito de la manipulación y almacenamiento de materiales:

- Reutilice los envases en usos internos siempre que ello sea posible.
 - Revise las especificaciones de almacenamiento, tratamiento y uso de los materiales y asegúrese de que se aplican correctamente las instrucciones del proveedor y fabricante, para evitar deterioros en el almacenamiento que conlleven la generación de residuos.
 - Mantenga las zonas de transporte limpias, iluminadas y sin obstáculos para evitar derrames accidentales.
 - Mantenga cerrados los contenedores de materias para evitar derrames en el transporte.
 - Vacíe correctamente los recipientes, se puede estar perdiendo materia prima y aumentando el peso de sus residuos.
 - Coloque sistemas de contención para derrames en unidades de almacenamiento situándolos preferiblemente en áreas cerradas y de acceso restringido.
- Nuevas tecnologías: los cambios tecnológicos implican una modificación/adaptación de los procesos que tienen

lugar en un centro de trabajo para que sean más eficientes, para evitar generar residuos o bien reducir su cantidad y/o peligrosidad si este se ha generado.

Los cambios tecnológicos pueden implicar cambios de equipos y maquinaria, automatización de procesos, modificación de las condiciones del proceso y en consecuencia, introducción de equipos para el tratamiento de residuos con vistas a su reciclado interno o para reducir su cantidad, volumen y peligrosidad.

Esta opción suele ser la más costosa, ya que puede requerir fuertes inversiones, pero también obtiene resultados a corto plazo. Además existen diferentes documentos de mejores técnicas disponibles (BREF) que son la guía idónea para estos cambios tecnológicos.

Algunas de las cuestiones a plantearse ante la adquisición de equipos o cambios en los procesos son principalmente tres: inversión, espacio suficiente y modificaciones y ajuste del proceso.

- **Sustitución de materiales:** Las materias primas de los procesos de fabricación pueden sustituirse en muchas ocasiones, consiguiendo también que los procesos sean más eficientes, se reduzca la presencia de sustancias peligrosas en los productos finales, además de generarse menor cantidad de residuos peligrosos y reducirse los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores. El volumen y toxicidad de los residuos generados puede minimizarse mediante cambios:

- En las materias primas que se utilizan en los procesos.
- En la propia composición de los productos fabricados.
- En los productos empleados que no forman parte del producto final (Ej. disolventes, agua...)

Si podemos sustituir las materias peligrosas por otras de menor peligrosidad conseguimos una reducción en la generación de residuos peligrosos. Por ello se debe analizar la composición y el contenido de las sustancias peligrosas al comprar los insumos o materias primas.

- **Introduciendo cambios en el diseño y la concepción del producto**

Los cambios en los productos suponen una readaptación de las propiedades y utilidades de los productos elaborados para que, con una perspectiva amplia desde el momento en que se fabrica el producto hasta su disposición final, se consideren los impactos ambientales y, al mismo tiempo, las necesidades de recursos como la energía, el agua y los materiales que requieren esos productos, y los haga lo más eficientes posible.

Existen distintas metodologías, entre ellas:

- **Análisis del ciclo de vida** (la norma UNE-EN ISO 14040 "Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Marco de referencia", recoge las etapas metodológicas de un ACV): Es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, lo cual se efectúa recopilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas en-

tradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

El Libro Verde sobre la Política de Productos Integrada propone una estrategia para reforzar y reorientar la política medioambiental relativa a los productos con objeto de promover el desarrollo de un mercado de productos más ecológicos.

En el centro de esta estrategia está la cuestión del modo más eficiente de lograr el desarrollo de productos más ecológicos y su aceptación por los consumidores. No utiliza un único instrumento preferente, sino un conjunto de instrumentos que es preciso emplear y ajustar con acierto para obtener el máximo efecto.

Se centra en las tres etapas del proceso de decisión que condicionan el impacto ambiental del ciclo de vida de los productos:

- la aplicación del principio de que quien contamina, paga a la hora de fijar los precios de los productos.
 - el diseño ecológico.
 - la elección informada del consumidor.
- Ecoetiqueta: son logotipos otorgados por un organismo oficial indicándonos que dicho producto es respetuoso con el medio ambiente. Existen etiquetas de varios tipos en función del organismo que las concede. Permite a las empresas dar a conocer la importancia que confieren al medio ambiente.

5.3.2

Medidas CORRECTORAS

Pueden llevarse a cabo:

- Aprovechamiento “in situ”
Conlleva el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, permitiendo de esta forma reducir la cantidad de residuos a gestionar de forma externa. La reutilización y el reciclaje son técnicas que permiten el aprovechamiento de los residuos una vez estos han sido generados. Se puede conseguir utilizar un residuo para el mismo fin para el cual ha sido creado, o bien para otro diferente. También es posible su transformación, para volver a ser introducido en la línea de flujo a la que pertenece, lo que supone en cierta forma una sustitución de materias primas, o por el contrario, si sus características lo permiten, puede emplearse como una fuente de energía si no entraña riesgos para la salud y el medio ambiente.
- Gestión a través de gestor autorizado

Los Gestores Autorizados son las empresas autorizadas por el órgano competente (Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón) para realizar cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos (recogida, transporte, almacenamiento, tratamiento, valorización y eliminación).

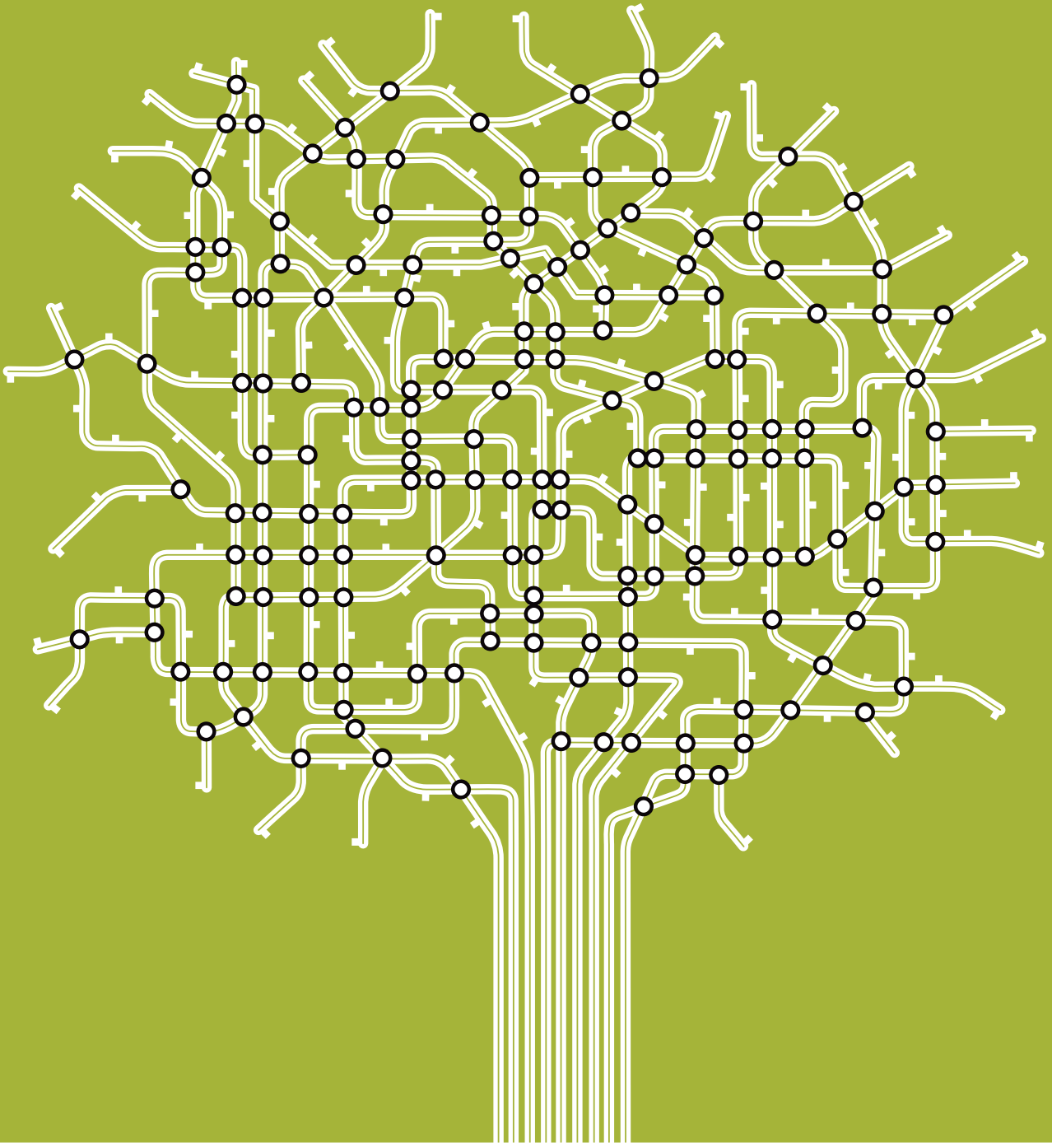
Para seleccionar el gestor autorizado, puede consultarse el listado de gestores autorizados del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón a través de su página web.

Para la gestión a través de gestor autorizado debería tener en cuenta las siguientes cuestiones:

- Seleccionada la operación adecuada para sus residuos priorice su tratamiento en las instalaciones más próximas a su centro de producción.
- Estudie la factibilidad técnica, económica y jurídica de emplear sus residuos para generar energías limpias de manera respetuosa con el medio ambiente y la salud de las personas.
- Adapte la granulometría de los residuos sólidos para facilitar su transporte o su ulterior tratamiento.
- Reduzca el tamaño de los residuos mediante la utilización de técnicas como la trituración, el tamizado, el fraccionamiento, etc.
- Optimice la carga de los portes.

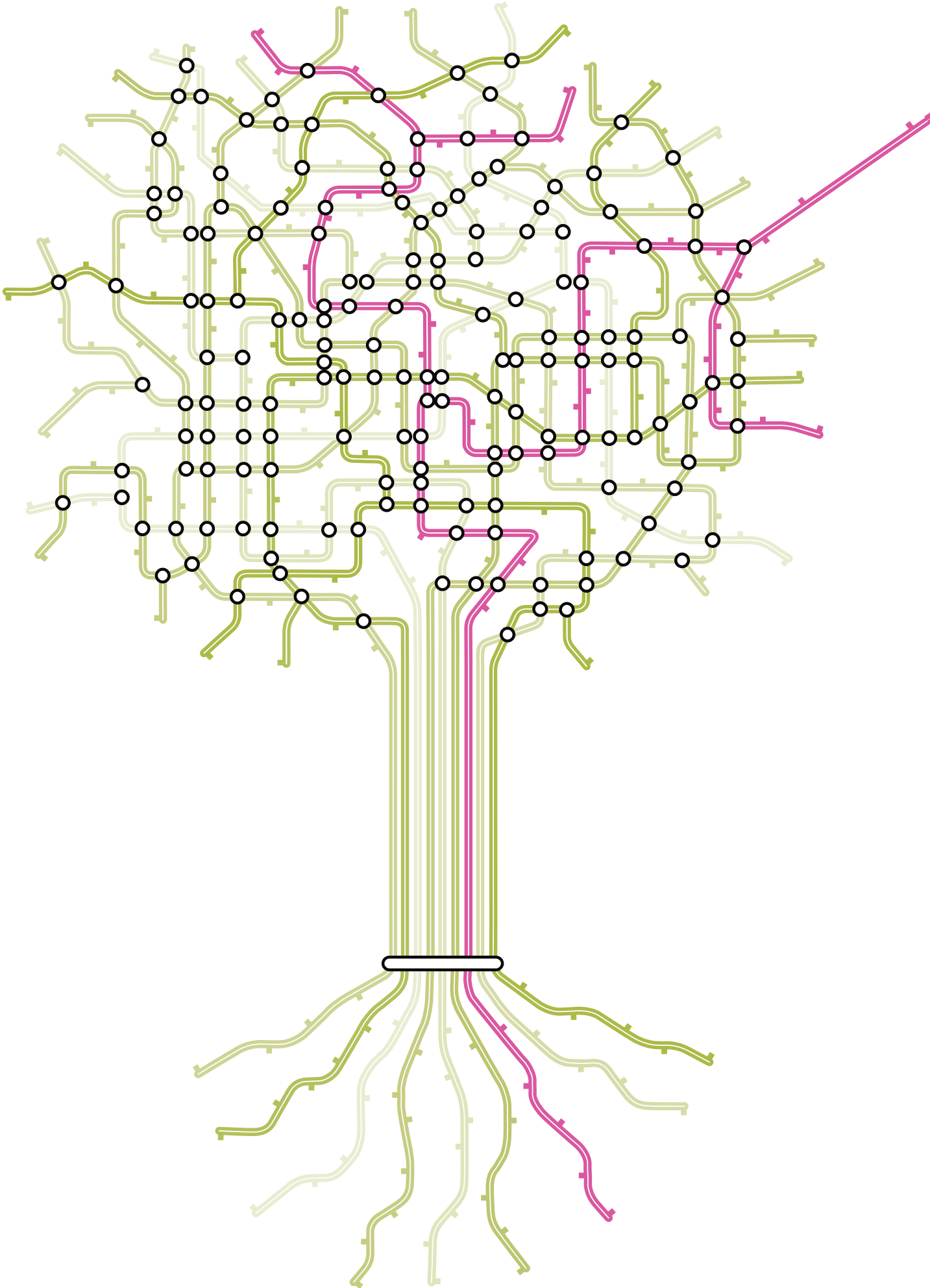
Tanto si el aprovechamiento se realiza in situ como a través de gestor autorizado, debería tomar en consideración lo siguiente:

- Utilice recipientes de diferentes colores para cada tipo de residuo en los puntos en los que se generen varios. Una buena clasificación da un valor añadido a los materiales que pueden ser objeto de recuperación.
- Almacene los residuos de forma segura con el objeto de evitar siniestros que produzcan una mayor cantidad de residuos.
- Dimensione su capacidad de almacenamiento de residuos para optimizar el periodo de acumulación de los mismos.
- Facilite los procesos de tratamiento. Evite cambios repentinos y significativos en la composición, densidad y peso de los residuos. La homogeneización de las distintas características de los residuos favorece su gestión y reduce sus costes.
- Facilite la homogeneización, y reenvasado de los residuos que se consideren necesarios para el tratamiento del residuo durante el almacenamiento.
- Utilice los envases usados vacíos en buenas condiciones para el almacenamiento de los residuos que generen esas mismas sustancias.
- Reagrupe residuos con categorías similares a fin de expedir los residuos a granel en función de la compatibilidad de materiales y su peligrosidad para favorecer su gestión.
- Diseñe su capacidad de almacenamiento para garantizar el cumplimiento de la legislación aplicable. El dimensionamiento debe prever la estacionalidad de la generación de residuos, la frecuencia de envío y los picos de generación de residuos.
- Contemple las siguientes cuestiones claves al abordar al almacenamiento de residuos en su instalación:
 - La ubicación de las zonas de almacenamiento.
 - Las infraestructuras requeridas para el área de almacenamiento
 - El control de stock.
 - La metodología de clasificación, agrupamiento y expedición de residuos.
 - Las medidas de contención utilizadas para proteger el medio ambiente y la salud de los trabajadores
- Recoja los posibles derrames de residuos con ayuda de absorbentes en lugar de diluir en agua, a fin de evitar vertidos.





**SUBPRODUCTO Y
FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUOS**



6.1

SUBPRODUCTO

6.1.1

CONCEPTO Y MARCO NORMATIVO

Un subproducto es cualquier sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, que se utilizará sin transformación previa en un proceso industrial cuyo resultante sea la producción de una sustancia u objeto que cumple todas las disposiciones legales para los productos y la protección del medio ambiente y de la salud.

El primer objetivo de cualquier política en materia de residuos debe ser reducir al mínimo los efectos negativos de la generación y la gestión de los residuos para la salud humana y el medio ambiente. La política en materia de residuos debe tener también por objeto reducir el uso de recursos y favorecer la aplicación práctica de la jerarquía de residuos. Con esta finalidad, tanto la normativa comunitaria como la estatal y autonómica, han ido evolucionando aportando mayor seguridad jurídica en su aplicación.

La aplicación de la definición de residuo ha seguido la línea de interpretación trazada por la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea. Para garantizar la correcta aplicación de la legislación comunitaria sobre residuos, la nueva Directiva Marco de Residuos (Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas) introduce en su artículo 5 el concepto jurídico de subproducto o materia prima secundaria.

Artículo 5 de la Directiva 2008/98/CE

Subproductos

1. Una sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, cuya finalidad primaria no sea la producción de esa sustancia u objeto, puede ser considerada como subproducto y no como residuo con arreglo al artículo 3, punto 1, únicamente si se cumplen las siguientes condiciones:
 - a) es seguro que la sustancia u objeto va a ser utilizado ulteriormente;
 - b) la sustancia u objeto puede utilizarse directamente sin tener que someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial normal;
 - c) la sustancia u objeto se produce como parte integrante de un proceso de producción; y
 - d) el uso ulterior es legal, es decir, la sustancia u objeto cumple todos los requisitos pertinentes para la aplicación específica relativos a los productos y a la protección del medio ambiente y de la salud, y no producirá impactos generales adversos para el medio ambiente o la salud humana.

2. Basándose en las condiciones establecidas en el apartado 1, podrán adoptarse medidas para determinar los criterios que deberán cumplir las sustancias u objetos específicos para ser considerados como subproductos y no como residuos, tal como se contempla en el artículo 3, punto 1. Dichas medidas, concebidas para modificar elementos no esenciales de la Directiva complementándola, se adoptarán con arreglo al procedimiento de reglamentación con control al que se hace referencia en el artículo 39, apartado 2.

La nueva Directiva Marco de Residuos establece las condiciones exigibles para que una sustancia u objeto sean susceptibles de reintroducirse en un proceso industrial sin provocar daños en el medio ambiente o la salud de las personas. Se introduce de esta manera entre el término «producto» y la definición de «residuo» el concepto de «subproducto». Esta regulación pretende impulsar la reutilización económica de estos materiales sin minar la eficacia de la legislación comunitaria en materia de residuos.

Finalmente, cabe recordar que el ordenamiento jurídico español vigente no reconoce la figura del subproducto. En este sentido, en tanto en cuanto no se trasponga la Directiva 2008/98/CE al derecho nacional, continuará vigente el marco normativo actual, es decir, la Ley 10/1998 y demás normas de desarrollo estatales y autonómicas, por lo que una sustancia o materia, a los efectos de la aplicación de la normativa medioambiental, tendrá la consideración de “producto” o de “residuo”.

6.1.2

REQUISITOS PARA QUE UNA SUSTANCIA ADQUIERA LA CONDICIÓN DE SUBPRODUCTO

La adquisición de la condición de subproducto y el régimen jurídico de aplicación deben ser compatibles con el objetivo de alcanzar un nivel de protección elevado de la salud humana y del medio ambiente contra los efectos perniciosos provocados por la recogida, transporte, tratamiento, almacenamiento y depósito de residuos, y debe basarse, en particular, en los principios de cautela y de acción preventiva que dispone la política de la Comunidad en el ámbito del medio ambiente.

El ámbito de aplicación del concepto de «residuo» y de «subproducto» depende del significado del término «desprenderse» y, por consiguiente, de conformidad con la jurisprudencia del Tribunal de Justicia de la Unión Europea, deben interpretarse dichos términos teniendo en cuenta el objetivo de la Directiva Marco de Residuos.

El considerando 22 de la **Directiva Marco de Residuos** establece el alcance y el objetivo de la regulación introducida para los subproductos:

“No debe haber confusión alguna entre los diversos aspectos de la definición de residuos y, en caso necesario, deben aplicarse los procedimientos apropiados a los subproductos que no sean residuos, por una parte, y a los residuos que dejen de ser residuos, por otra. Para especificar determinados aspectos de la definición de residuos, esta Directiva debe aclarar:

- cuándo son subproductos y no residuos las sustancias o los objetos que resultan de un proceso de producción no dirigido fundamentalmente a producir tales sustancias u objetos. La decisión de que una sustancia no es residuo puede solamente adoptarse con un planteamiento coordinado, que debe actualizarse periódicamente, y cuando sea compatible con la protección del medio ambiente y de la salud humana. Si se permite el uso de un subproducto en virtud de una autorización ambiental o de normas ambientales generales, esto puede ser utilizado por los Estados miembros como instrumento para decidir que no es previsible que se produzca ningún impacto adverso global para la salud humana o el medio ambiente; un objeto o sustancia sólo debe considerarse como subproducto cuando se reúnan determinadas condiciones.

Dado que los subproductos forman parte de la categoría de productos, la exportación de subproductos debe cumplir los requisitos previstos en la normativa comunitaria pertinente.”

El concepto de residuos engloba todos los objetos y sustancias de los que se desprenda el propietario, aunque tengan un valor económico y se recojan con fines comerciales a efectos de reciclado, recuperación o reutilización. Por consiguiente, el mero hecho de que una sustancia se integre, directa o indirectamente, en un proceso de producción industrial, no la excluye del concepto jurídico de residuo. A este respecto, la jurisprudencia europea indica que determinadas circunstancias pueden constituir indicios

de la existencia de una acción, de una intención o de una obligación de desprenderse de una sustancia o de un objeto a efectos del artículo 3.1 de la Directiva 2008/98/CE. Éste es el caso, en particular, cuando la sustancia utilizada es un residuo de producción, es decir, una sustancia u objeto que no ha sido buscado como tal y que, en principio, constituye un residuo porque no es la producción principalmente perseguida por quien desarrolla la actividad industrial.

En consecuencia, la **correcta utilización del régimen jurídico de los «subproductos» constituye una excepción, entendida como un menor nivel de intervención administrativa, a la aplicación general del régimen de «residuos».**



Para que cualquier sustancia u objeto, resultante de un proceso de producción, adquiera la condición de «subproducto» deben cumplirse todas y cada una de las siguientes condiciones:

1ª condición

“es seguro que la sustancia u objeto va a ser utilizado ulteriormente”.

2ª condición

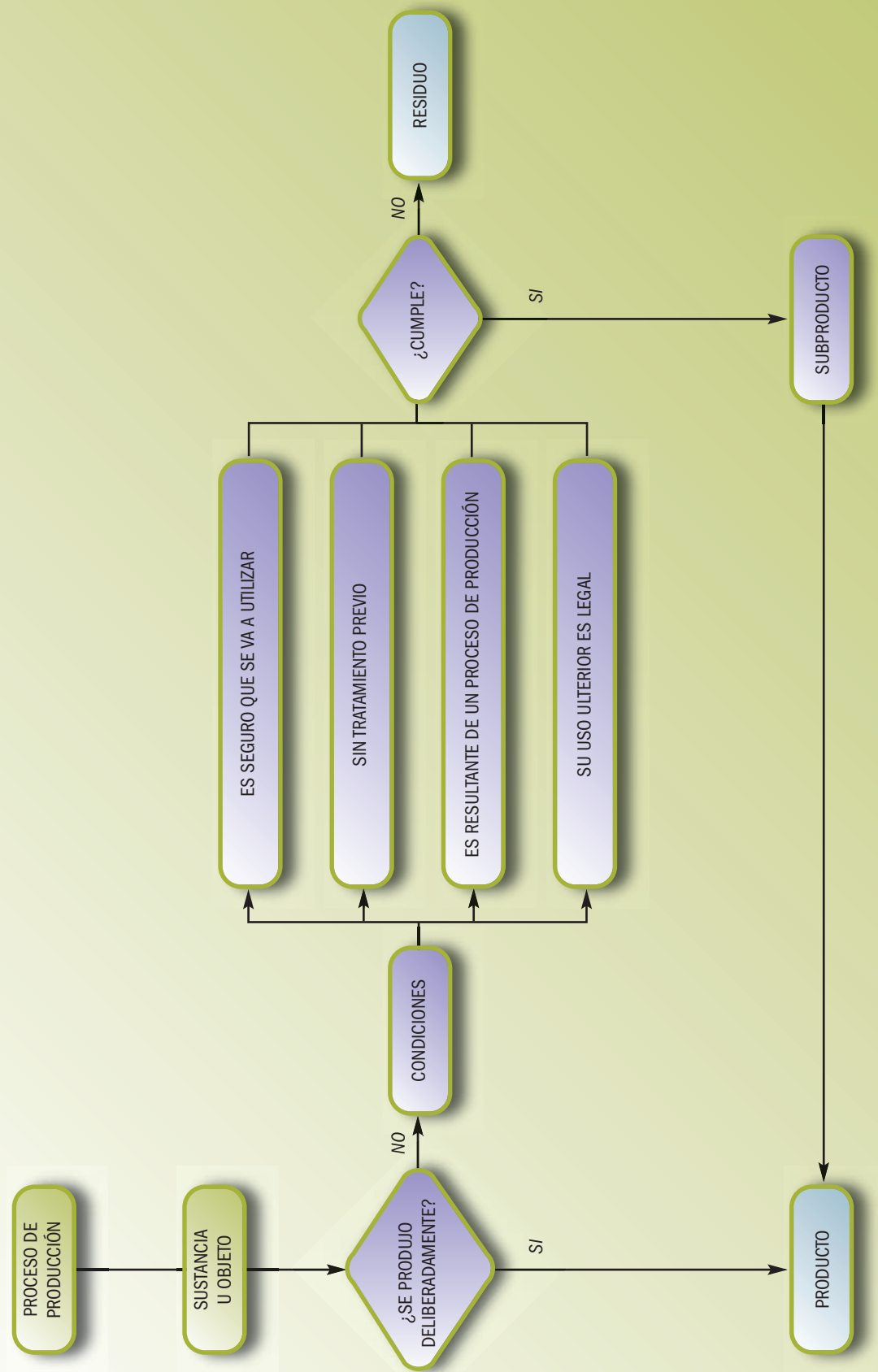
“la sustancia u objeto puede utilizarse directamente sin tener que someterse a una transformación ulterior distinta de la práctica industrial normal”.

3ª condición

“la sustancia u objeto se produce como parte integrante de un proceso de producción”.

4ª condición

“el uso ulterior es legal, es decir, la sustancia u objeto cumple todos los requisitos pertinentes para la aplicación específica relativos a los productos y a la protección del medio ambiente y de la salud, y no producirá impactos generales adversos para el medio ambiente o la salud humana”.



SUBPRODUCTO ESQUEMA DE VERIFICACIÓN

6.1.3

ERRORES HABITUALES EN LA UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS.

A continuación indicamos una serie de prácticas incorrectas relacionadas con la utilización de subproductos o errores conceptuales habituales que producen una aplicación inexacta de la normativa en materia de residuos:



Para evitar los errores siguientes es aconsejable que verifique y contraste con la administración competente el cumplimiento de los requisitos exigibles por la normativa para considerar una sustancia u objeto como subproducto.

Error nº 1

Sustituto de materias primas o recursos naturales = subproducto



Es un error habitual tratar una sustancia u objeto como un subproducto y no como residuo porque simplemente puede emplearse como sustituto de otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función similar en un proceso de producción.



La sustitución de materias primas u otros materiales por residuos constituye una operación de valorización de residuos para la que se requiere autorización administrativa.

Error nº 2

Combustible o tratamiento térmico = subproducto



Es un error habitual considerar que una sustancia u objeto que por el sólo hecho de que puede emplearse en tratamientos térmicos o como combustible alternativo constituye un subproducto.



La utilización de residuos como combustible o su tratamiento térmico es una operación de gestión de residuos para la que se requiere autorización administrativa.

Error nº 3**Rechazo de tratamientos de residuos = subproducto**

Es un error habitual considerar que cualquier sustancia u objeto que se produce como rechazo de tratamiento de residuos constituye un subproducto.



La gestión de rechazos de tratamiento de residuos cuyo único destino posible sea la eliminación, aún cuando sean sometidos a operaciones de mezcla, dilución u otras transformaciones físicas o químicas con el objeto de reducir su carga contaminante, volumen o cantidad requiere autorización administrativa previa al ser los tratamientos anteriores operaciones de gestión de residuos.

Error nº 4**Subproducto = No autorización**

Es un error habitual considerar que cualquier empleo o utilización de subproductos no requiere ninguna autorización administrativa.



Si cuenta con una autorización de producción de residuos o si pretende sustituir materias primas o recursos naturales por subproductos en un proceso productivo sometido a autorizaciones administrativas en el marco de la prevención integrada de la contaminación, notifique a la autoridad competente la modificación del contenido de su autorización para que se contemple la utilización de subproductos.

Error nº 5**Utilización de Subproducto = Valorización de residuos**

Es un error habitual considerar que la utilización de un subproducto es una operación de valorización material de residuos.



La condición de subproducto de una sustancia o materia la excluye de la aplicación del régimen de gestión de residuos. Si un subproducto no es un residuo, su utilización no es una operación de gestión y por tanto no pueden valorizarse.

6.2

CONDICIONES PARA EL FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUO

6.2.1 CONCEPTO Y MARCO NORMATIVO

El fin de la condición de residuo es la transformación de un residuo, mediante una operación de gestión, en una sustancia o objeto para que preste una finalidad útil o cumpla las especificaciones técnicas aplicable a productos y que conlleva el cambio de régimen jurídico que los exceptiona de la normativa en materia de residuos.

La legislación sobre residuos de la UE tiene su fundamento en la protección del medio ambiente y la salud humana de los daños causados por la incorrecta gestión de residuos. Por ello en las últimas décadas se orienta la legislación en materia de residuos para introducir un enfoque que tenga en cuenta no sólo la fase de residuo sino todo el ciclo de vida de los productos y materiales, y centrar los esfuerzos en disminuir el impacto en el medio ambiente de la generación y gestión de residuos, reforzando así el valor económico de los residuos. En este contexto, era necesario avanzar hacia una legislación que favorezca el reciclado y la valorización de los residuos y la utilización de materiales recuperados a partir de residuos con el fin de preservar los recursos naturales.

La nueva Directiva Marco de Residuos introduce en su artículo 6 el concepto jurídico de fin de la condición de residuo.

Artículo 6 de la Directiva 2008/98/CE

Fin de la condición de residuo

1. Determinados residuos específicos dejarán de ser residuos, en el sentido en que se definen en el artículo 3, punto 1, cuando hayan sido sometidos a una operación, incluido el reciclado, de valorización y cumplan los criterios específicos que se elaboren, con arreglo a las condiciones siguientes:
 - a) la sustancia u objeto se usa normalmente para finalidades específicas;
 - b) existe un mercado o una demanda para dicha sustancia u objeto;
 - c) la sustancia u objeto satisface los requisitos técnicos para las finalidades específicas, y cumple la legislación existente y las normas aplicables a los productos; y
 - d) el uso de la sustancia u objeto no generará impactos adversos globales para el medio ambiente o la salud.

Los criterios incluirán valores límite para las sustancias contaminantes cuando sea necesario y deberán tener en cuenta todo posible efecto medioambiental nocivo de la sustancia u objeto.

2. Las medidas concebidas para modificar elementos no esenciales de la presente Directiva, complementándola, relativas a la adopción de los criterios contemplados en el apartado 1 y que especifiquen el tipo de residuo al que se aplicarán dichos criterios, se adoptarán de conformidad con el procedimiento de reglamentación con control contemplado en el artículo 39, apartado 2. Deberán tenerse en cuenta criterios de fin de la condición de residuo al menos, entre otros, para los áridos, el papel, el vidrio, el metal, los neumáticos y los textiles.
3. Los residuos que dejen de ser residuos de conformidad con los apartados 1 y 2, dejarán también de ser residuos a efectos de los objetivos de valorización y reciclaje establecidos en las Directivas 94/62/CE, 2000/53/CE, 2002/96/CE y 2006/66/CE y demás normas comunitarias pertinentes cuando se cumplan los criterios de valorización y reciclaje previstos en dichas normas.
4. Cuando no se hayan establecido criterios a escala comunitaria en virtud del procedimiento contemplado en los apartados 1 y 2, los Estados miembros podrán decidir caso por caso si un determinado residuo ha dejado de serlo teniendo en cuenta la jurisprudencia aplicable. Notificarán dichas decisiones a la Comisión de conformidad con la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, por la que se establece un procedimiento de información en materia de las normas y reglamentaciones técnicas y de las reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información⁽¹⁾ cuando dicha Directiva.

El primer apartado del artículo 6 de la Directiva 2008/98/CE establece las condiciones exigibles para el «fin de la condición de residuo» y deben de cumplirse en todas y cada una de ellas.

6.2.2. PRÁCTICAS INCORRECTAS HABITUALES QUE NO DETERMINAN EL FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUO.

A continuación indicaremos una serie de prácticas incorrectas relacionadas con la utilización de subproductos o errores conceptuales habituales que producen una aplicación inexacta de la normativa en materia de residuos:

Error nº 1

Residuo valorizado = Fin de condición de residuo



Es un error habitual considerar que cualquier residuo que es sometido a una operación de valorización deja de tener la consideración de residuo.



La sustitución de materias primas u otros materiales por residuos constituye una operación de valorización de residuos pero la sustancia/s u objeto/s resultante/s de dicha operación no necesariamente deben ser productos o materias primas.

Error nº 2

Tratamiento térmico de residuos = Fin de condición de residuo



Es un error habitual considerar que una sustancia u objeto que por el solo hecho de que puede emplearse en tratamientos térmicos o como combustible alternativo deja de tener la condición de residuo.



La utilización de residuos como combustible o su tratamiento térmico es una operación de gestión de residuos para la que se requiere autorización administrativa.

Error nº 3**Transformación física de residuo = Fin de condición de residuo**

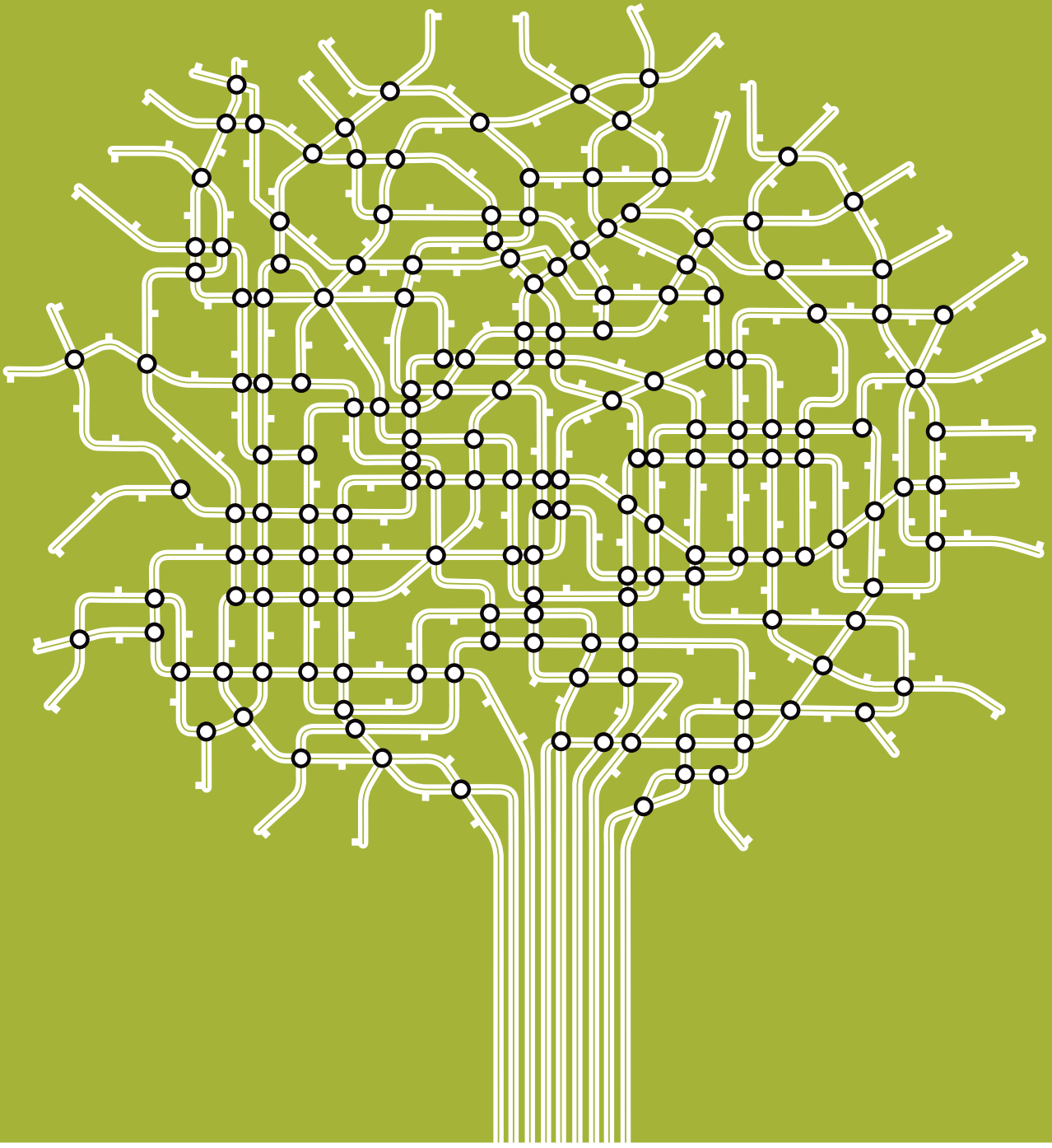
Es un error habitual considerar que cualquier transformación física del residuo conlleva el fin de la condición del residuo.



La clasificación, trituración, compactación, mezcla, dilución u otras transformaciones físicas de residuos con el objeto de reducir volumen o cantidad no conllevan la pérdida de la condición de residuo a menos que se obtengan materias primas recuperadas o productos a partir de ellos. Todos estos tratamientos constituyen operaciones de gestión de residuos para las que se requiere autorización administrativa.

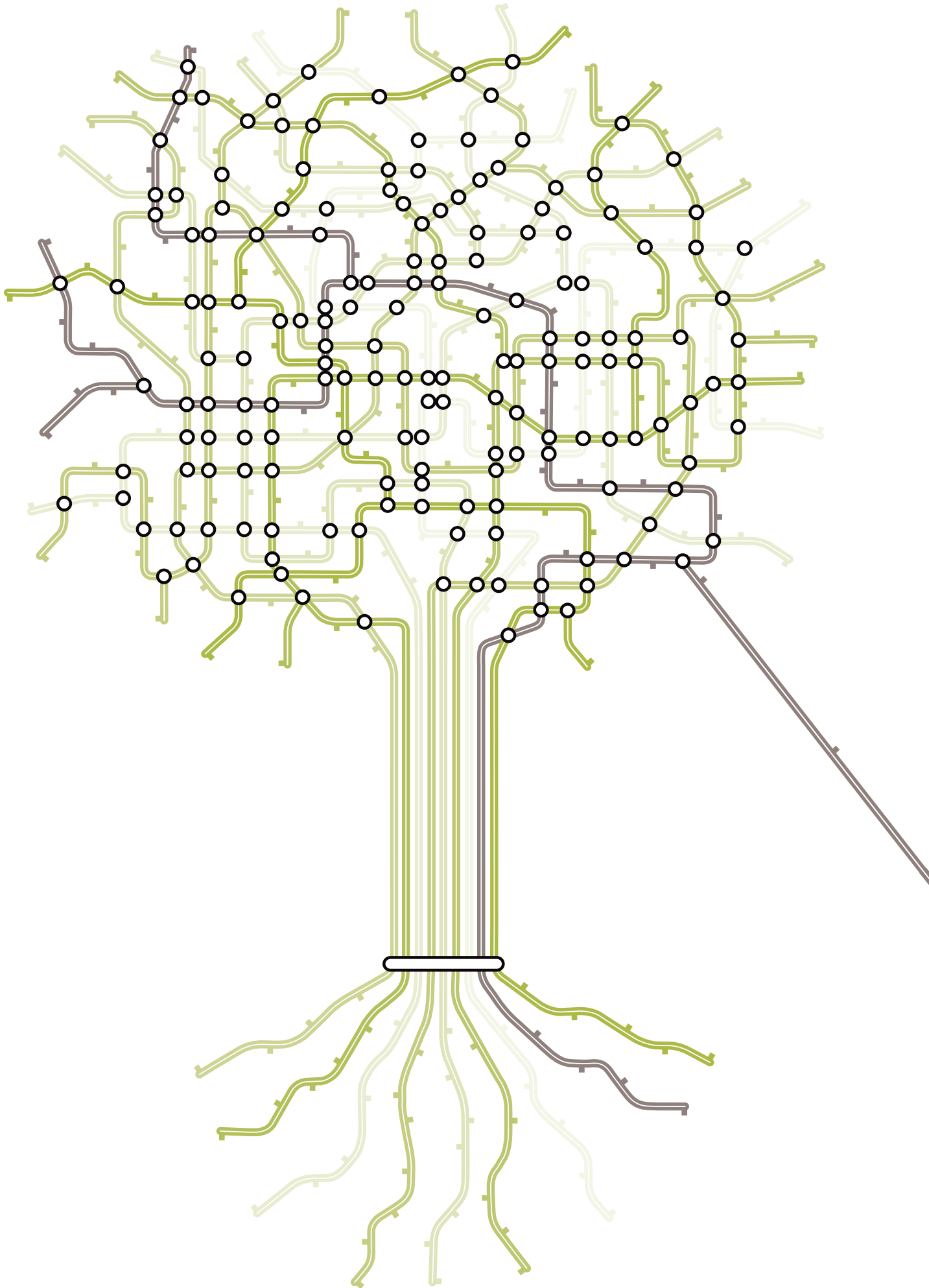


Para evitar los errores siguientes es aconsejable que verifique y contraste con la administración competente el cumplimiento de los requisitos exigibles por la normativa para determinar el fin de la condición de residuo.





**OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN
Y RECICLAJE, CÓDIGO A CÓDIGO**



7.1

OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN Y RECICLAJE

En este capítulo se presentan las oportunidades de minimización y reciclaje para todos los códigos LER, en las fichas número 1 a número 35. Se ha incorporado asimismo oportunidades de valorización y operaciones de eliminación en otro apartado diferenciado, por cuanto determinados residuos sólo admiten este tipo de operaciones de gestión (fichas número 36 a 41).

El resultado ha sido la redacción de 41 fichas de oportunidades de reciclaje, además de dos tablas de entrada:

- Índice de fichas con los Códigos LER que engloban.
- Índice de códigos LER con referencia a la ficha que describe sus opciones de minimización y reciclaje o valorización y operaciones de eliminación.

Cada ficha recoge:

- Códigos LER a los que aplica.
- Características sobre las que actuar para la reducción del residuo, si ello es posible.
- Oportunidades de gestión, para mejorar la calidad del residuo, de reciclaje, etc.

7.1.1.

TABLA DE OPORTUNIDADES DE MINIMIZACIÓN Y RECICLAJE POR GRUPOS DE RESIDUOS

FICHAS Y CÓDIGOS LER QUE CUBREN Los Códigos LER marcados con * son Residuos Peligrosos

Nº Ficha	Descripción	Códigos LER					
1	Residuos no peligrosos de madera, papel y material vegetal	170201	191201	191207	020103	020107	030101 030105 030307
2	Residuos de vidrio distintos de envases	101103	101211*	101112	101212	160120	170202 191205
3	Residuos de plásticos	020104	070213	120105	160119	170203	191204
4	Envases industriales	150104	150105	150106	150110*		
5	Residuos Textiles	040221	040222	191208			
6	Residuos de tierras de carácter mineral y asimilables	020401	100124	101208	101314	170504	170101 170102 170103 170107 170508 190119 190401 190802 191209
7	Lodos no peligrosos	020301	020305	020403	020502	020603	020701 020705 030302 030305 030309 030311 040106 040107 040220 050110 050113 060503 070112 070212 070312 070412 070512 070612 070712 080114 080116 080202 080307 080315 080412 080414 100107 100121 100123 100214 100215 100326 100705 100818 101114 101118 110110 101205 101213 101307 120115 170506 191106 190206 190604 190606 190805 190902 190903 191304 191306 190906

Nº Ficha	Descripción	Códigos LER																																																	
8	Lodos con compuestos peligrosos y procedentes de tratamiento de fangos biológicos contaminados	040219*	050102*	050103*	050104*	050106*	050109*	060502*	060703*	070111*	070211*	070311*	070411*	070511*	070611*	070711*	080113*	080115*	080314*	080411*	080413*	100120*	100122*	100213*	100325*	100407*	100506*	100607*	100817*	101113*	110115*	101117*	110108*	110109*	110202*	140604*	140605*	170505*	191303*	191305*											
9	Disolventes usados y residuos con disolventes	020303	040214*	070103*	070104*	070203*	070204*	070303*	070304*	070403*	070404*	070503*	070504*	070603*	070604*	070703*	070704*	080111*	080117*	080119*	080409*	080415*	090103*	140602*	140603*																										
10	Cenizas Volantes y Residuos particulados finos	061305*	100101	100102	100103	100104*	100105	100113*	100114*	100115	100116*	100117	100319*	100320	100321*	100322	100404*	100405*	100503*	100504	100603*	100604	100703	100704	100804	100815*	100816	100909*	100910	100911*	100912	101009*	101010	101011*	101012	101105	101111*	101203	101306	110502	120102	120104	1901119	190112	190113*	190114	190115*	190116	190402		
11	Residuos líquidos y acuosos	040104	040105	070101*	070201*	070301*	070401*	070501*	070601*	070701*	080120	080203	080308	080416	090102*	090104*	090105*	090113*	110111*	110112	161001*	190106*	190404	190603	190605	190702*	190807*	191103*	191307*	191308																					
12	Productos químicos	160506*	160507*	160508*	160509																																														
13	Residuos valorizables por reciclado o recuperación de sustancias orgánicas, formación de abono y transformación biológica	020304	020501	020601	020702	020703	020704	030308	040209	070107*	070108*	070207*	070208*	070307*	070308*	070407*	070408*	070507*	070508*	070608*	070707*	070708*	140601*	190503	160708*	160709*																									
14	Residuos de sustancias químicas orgánicas	020109	030201*	030203*	030204*	030205*	030299	160306	161101*	161102	161103*	161105*	170410*	170411	170603*	170604	190501	190502	190801	190901																															
15	Residuos de Metales y Compuestos Metálicos con componentes Peligrosos	050701*	060313*	060315*	060403*	060404*	060405*	090101*	090106*	100207*	100211*	100308*	100309*	100317*	100323*	100401*	100406*	100505*	100606*	100808*	100905*	100907*	101005*	101007*	101401*	110116*	120116*	150111*	170409*	170901*	191005*																				
16	Residuos de Metales y Compuestos Metálicos No Peligrosos	020110	060316	090107	100201	100202	100208	100210	100212	100302	100304*	100305	100316	100318	100324	100501	100601	100701	100809	100814	100903	100906	100908	101003	101006	101008	101206	110501	120101	120103	120117	170401	170402	170403	170404	170405	170406	170407	190102	191001	191002	191006	191202	191203							

Nº Ficha	Descripción	Códigos LER
17	Residuos peligrosos valorizables como materiales inorgánicos.	050115* 060311* 060602* 060903* 061002* 061301* 100118* 100403* 101109* 101115* 101119* 101209* 101312* 110198* 110207* 160303* 160901* 160902* 160903* 160904* 170106* 170204* 170503* 170507* 170801* 170903* 191101*
18	Residuos no peligrosos valorizables como materiales inorgánicos	020402 040102 050114 050604 050702 060314 060603 060902 060904 061101 080201 100105 100119 100126 101116 101120 101210 101304 101313 120113 160304 170302 170802 170904
19	Residuos inertes valorizables como materiales inorgánicos	101110 101201 101301 101310 101311 161104 161106 191302
20	Ácidos y Bases	060101* 060102* 060103* 060104* 060105* 060106* 060201* 060203* 060204* 060205* 060704* 080316* 100109* 110105* 110106* 110107* 191104* 200114* 200115*
21	Residuos de carbón activo	060702* 061302* 190110* 190904
22	Residuos de Intercambiadores iónicos	190905 190806*
23	Residuos de absorbentes	150202* 150203
24	Residuos de tortas de filtración y absorbentes	070109* 070110* 070209* 070210* 070309* 070310* 070409* 070410* 070509* 070510* 070609* 070610* 070709* 070710*
25	Catalizadores usados	160801 160802* 160803 160804 160805* 160806* 160807*
26	Grasas y ceras	040210 120112*
27	Envases y residuos de envases	150101 150102 150103 150107 150109
28	Neumáticos Fuera de Uso (NFU)	160103
29	Residuos de Vehículos Fuera de Uso (VFU) y residuos de mantenimiento de vehículos	160104* 160106 160107* 160108* 160110* 160111* 160112 160114* 160115 160116 160117 160118 160121* 160122
30	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE's) distintos de pilas y acumuladores.	090111* 090112 160211* 160212* 160213* 160214 160215* 160216 160606*
31	Residuos de Pilas y Acumuladores	160601* 160602* 160603* 160604 160605
32	Aceites	080319* 120106* 120107* 120108* 120109* 120110* 120114* 120118* 120119* 120301* 120302* 130104* 130105* 130109* 130110* 130111* 130112* 130113* 130204* 130205* 130206* 130207* 130208* 130306* 130307* 130308* 130309* 130310* 130401* 130402* 130403* 130501* 130502* 130503* 130506* 130507* 130508* 130701* 130702* 130703* 130801* 130802* 130899* 160113* 160305* 190207* 190809 190810*

Nº Ficha	Descripción	Códigos LER					
33	Residuos sanitarios	180101	180102	180103*	180104	180106*	180107
		180108*	180109	180110*	180201	180202*	180203
		180205	180206	180207*	180208		
34	Residuos de municiones pirotécnicas y explosivos	160401*	160402*	160403*			
35	No especificados	020199	020299	020399	020499	020599	020699
		020799	030199	030399	040199	040299	050199
		050699	050799	060199	060299	060399	060499
		060699	060799	060899	060999	061099	061199
		061399	070199	070299	070399	070499	070599
		070699	070799	080199	080299	080399	080499
		090199	100199	100299	100399	100499	100599
		100699	100799	100899	100999	101099	101199
		101299	101399	110199	110299	110599	120199
		160199	160799	190199	190299	190599	190699
		190899	190999	191199			

7.1.2.

TABLA DE OPORTUNIDADES DE VALORIZACIÓN Y OPERACIONES DE ELIMINACIÓN POR GRUPOS DE RESIDUOS

FICHAS Y CÓDIGOS LER QUE CUBREN Los Códigos LER marcados con * son Residuos Peligrosos

Nº Ficha	Descripción	Códigos LER					
36	Residuos peligrosos valorizables energéticamente	020108*	030104*	040216*	050105*	050107	050108*
		050111*	050112*	050601*	050603*	070214*	070216*
		070413*	070513*	070607*	080121*	080312*	080317*
		080417*	080501*	100327*	100329*	100402*	100409*
		100510*	100609*	100810*	100812*	160504*	170301*
		170303*	190208*	190209*	191102*	191206*	191211*
37	Residuos no peligrosos valorizables energéticamente	030310	040215	040217	050116	050117	061303
		070215	070217	070514	080112	080118	080313
		080318	080410	090108	090110	100125	100330
		100511	100602	100702	100811	100813	160505
		190210	191210	191212			
38	Residuos de Productos de Origen Animal no destinados a Consumo Humano (SANDACH)	020101	020102	020106	020201	020202	020203
		020204					
39	Residuos que contienen amianto	060701*	061304*	101309*	170601*	170605*	
40	Residuos que contienen PCB	130101 ^{*(1)}		130301 ^{*(1)}		160109 ^{*(1)}	
		160209 ^{*(1)}		160210 ^{*(1)}		170902*	
41	Residuos objeto de operaciones de eliminación	020302	020602	040101	040103*	040108	040109
		060802*	100315*	100328	100410	100508*	100509
		100610	100707*	100708	100819*	100820	100913*
		100914	100915*	100916	101013*	101014	101015*
		101016	110113*	110114	110203	110205*	110206
		110301*	110302*	110503*	110504*	120120*	120121
		161002	161003*	161004	190107*	190117*	190118
		190203	190204*	190205*	190211*	190304*	190305
		190306*	190307	190403*	190703	190808*	190811*
		190812	198013*	190814	191003*	191004	191105*
		191107*	191301*				

LER Orden 304-2002

■ = Residuo peligrosos
■ = Nº no asignado

Cód. LER01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 98 99

12	Residuos del moldeo y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos																																				
1201	16	10	16	10	3	32	32	32	32	32	■	26	18	32	7	15	16	32	32	41	41																35
1203	32	32																																			

13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)																																			
1301	40	■	■	34	32	■	■	■	■	32	32	32	32	32	32	■																				
1302					32	32	32	32	32	■																										
1303	40	■	■	■	■	32	32	32	32	32	■																									
1304	32	32	32																																	
1305	32	32	32	■	■	32	32	32	■																											
1307	32	32	32																																	
1308	32	32																																	32	

14	Residuos de disolventes, refrigerantes y propelentes orgánicos (excepto los de los capítulos 07 y 08)																																		
1406	13	9	9	8	8																														

15	Residuos de envases; absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría																																		
1501	27	27	27	4	4	4	27	■	27	4	15																								
1502	■	23	23																																

16	Residuos no especificados en otro capítulo de la lista																																											
1601	■	■	28	29	■	29	29	29	40	29	29	29	32	29	29	29	29	29	29	3	2	29	29													35								
1602											40	40	30	30	30	30	30	30	30																									
1603				17	18	32	14																																					
1604	34	34	34																																									
1605				36	37	12	12	12	12																																			
1606	31	31	31	31	31	30																																						
1607											13	13																									35							
1608	25	25	25	25	25	25	25																																					
1609	17	17	17	17																																								
1610	11	41	41	41																																								
1611	14	14	14	19	14	19																																						

17	Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)																																		
1701	6	6	6	■	17	6																													
1702	1	2	3	17																															
1703	36	18	36																																
1704	16	16	16	16	16	16	16	■	15	14	14																								
1705	■	■	17	6	8	7	17	8																											
1706	25	■	14	14	35																														
1708	17	18																																	
1709	15	36	17	18																															

7.3

OPORTUNIDADES
DE MINIMIZACIÓN Y
RECICLAJE

Ficha nº 1

RESIDUOS NO PELIGROSOS DE MADERA, PAPEL
Y MATERIAL VEGETAL

LER	170201	191201	191207	020103
	020107	030101	030105	030307

Características sobre las que actuar para su reducción

LER 030301 (Residuos de corteza y madera) y

LER 030307 (Desechos, separados mecánicamente, de pasta elaborada a partir de residuos de papel y cartón)

Estos residuos que se integran en el epígrafe 0303 “Residuos de la producción y transformación de pasta de papel, papel y cartón” del Listado Europeo de Residuos (LER), son fundamentalmente generados por la industria papelera, tras el procedimiento de descortezado, preparación y troceado de la madera se generan restos que no pueden ser utilizados en el proceso de fabricación de pasta (residuos de corteza y madera), y los denominados “rechazos”, impropios que acompañan al papel usado, compuestos principalmente por plásticos, metales, vidrio y fibra de papel que no es apta para el proceso.

LER 030101 (Residuos de corteza y corcho) y

LER 030105 (Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas distintos de los mencionados en el código 030104)

Estos residuos que se integran en el epígrafe 0301 “Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles” son generados preferentemente en empresas dedicadas al aserrado de madera, así como al sector de la fabricación de. Dado el fácil aprovechamiento que tiene este residuo en la industria de fabricación de tableros de madera, desde hace años ha encontrado una fácil salida en dicho sector, hecho por el que los propios aserraderos han dejado de considerarlo como residuo en su contabilidad interna, convidándolo como un subproducto; No obstante, para que tenga la consideración legal de subproducto, deberá cumplir todas y cada una de las condiciones exigibles.

LER 020103 (Residuos de tejidos de vegetales) y

LER 020107 (Residuos de la silvicultura).

Estos residuos que se integran en el epígrafe 0201 “Residuos de la agricultura, horticultura, ganadería,

acuicultura, silvicultura, caza y pesca” están considerados principalmente:

- Los residuos de cosecha (fracción de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha, por ejemplo la paja y los rastrojos de los cultivos cerealistas). Son residuos orgánicos, biodegradables, con una relación C/N generalmente alta, un bajo porcentaje de humedad y un contenido alto en celulosa.
- Residuos verdes (coronas de hojas, tallos, raíces sin aprovechamiento directo). Suelen presentar contenidos altos de humedad, degradándose con facilidad tras su por lo que son una materia prima excelente para el compostaje.
- Residuos de poda de cultivos leñosos (poda de viñedos y frutales). Los restos de poda de viñedos y frutales presentan, tienen una relación C/N muy elevada, un bajo contenido en humedad y un contenido elevado en celulosa y lignina.

LER 170201 (Madera)

Estos residuos que se integran en el epígrafe 17 “Residuos de la construcción y demolición” y provienen generalmente de estructuras, cimentaciones, encofrados, carpintería, pavimentos y revestimientos y están formados por recortes y piezas sobrantes, serrín y viruta, tablas, tablones, palés, embalajes, etc.

LER 191201 (Papel y cartón) y

LER 191207 (Madera distinta de la especificada en el código 191206)

Estos residuos que se integran en el epígrafe 19 “Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial”.

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- Posible reintroducción de residuos en el propio proceso productivo, caso en el que no se consideraría un residuo, sino un subproducto.
- Correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos aumentarán las posibilidades de reutilización o valorización.
- Evitar tratamientos químicos que dificulten o imposibiliten la reutilización.

Oportunidades para mejorar la calidad del residuo

La correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de re-

Residuos aumentarán la calidad del residuo de cara a la eficiencia y rendimiento de los procesos de reutilización, reciclaje y valorización.

Oportunidades para el reciclaje

Diferenciaremos las diferentes oportunidades en las siguientes categorías:

- Reutilización
- Valorización material

- Reutilización
 - Una de las oportunidades de gestión aplicada a estos tipos de residuos es la reutilización, principalmente en la industria del mueble para fabricación de tableros aglomerados, elaboración de rellenos de paneles, etc.
 - En otros casos y en función de las características y composición se pueden reutilizar como materia prima para otros procesos, como obtención de papel paja, obtención de glucosa, aislante y material de relleno en materiales de construcción, sustrato de cultivo del champiñón y otros hongos.

- Valorización material
 - Reciclado
 - Una de las principales oportunidades de valorización de residuos de papel y cartón es el reciclaje donde dichos residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra. Este proceso de reciclado está claramente influido por el esfuerzo y calidad de la clasificación y separación de los residuos, que minimizará la fracción de “rechazo” producida.

 - Compostaje
 - La gran mayoría de los residuos agrupados en la presente ficha constituyen una interesante aportación para los procesos de compostaje, principalmente como material estructurante, pero también para aportar una fuente de carbono a residuos que requieren equilibrar el ratio C/N.

 - Elaboración de Suelos Artificiales a partir de residuos (Tecnosoles)
 - Los denominados “suelos artificiales” que cumplirán las principales funciones de los suelos, siendo susceptibles de evolucionar por procesos de formación de suelos y realizando una estabilización eficiente del carbono en el suelo y en la biomasa. Se pueden formar a partir de residuos de distinta naturaleza que se deben combinar de modo que las características finales sean apropiadas para actuar como sustrato vegetal. Estos tecnosoles se

utilizarán en procesos de recuperación de suelos degradados o contaminados. Los residuos vegetales, papel y madera no peligrosos se podrán emplear para la elaboración de tecnosoles.

Valorización energética

En aquellos casos en los que se hayan agotado las vías anteriores en la jerarquía de residuos, podrá acudir a otro tipo de valorización, por ejemplo, energética.

A los efectos del tratamiento término de residuo, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo.

Excepcionalmente podrán autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones del Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015).

Los residuos que no tengan posibilidades de reutilización o reciclaje pueden ser valorizados con el objetivo de reducir el volumen de los mismos y generar a la vez energía a partir de la combustión de los residuos (valorización energética de residuos). Una gran parte de estos residuos son valorizables energéticamente por su composición y poder calorífico. Al margen de la combustión directa, existen otras tecnologías como:

- Conversión pirólítica. En el proceso de pirólisis se calientan los residuos a temperatura moderada (400-800°C) en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo. En la pirólisis de maderas se produce carbón que puede ser refinado en otros productos como el carbón activado.
- Producción de combustibles. Los residuos serán destinados a la producción de Combustibles sólidos de Residuos (CSR), un sustituto renovable para combustibles fósiles como el carbón o el fueloil.

Ficha nº 2

RESIDUOS DE VIDRIO DISTINTOS DE ENVASES

LER	101103	101211*	101112	101212
	160120	170202	191205	

Descripción

Este grupo de códigos LER incluye a los residuos de la fabricación del vidrio distintos de los destinados a envases y a los relacionados con los productos de elaboración de fibra de vidrio (incluidos la “lana de roca” o “lanas” minerales aislantes).

Unas de las principales características del vidrio es su carácter principalmente inerte (salvo que se de la circunstancia de presencia de impurezas que origine la aparición de otras sustancias como metales pesados).

En la generación de este tipo de residuos cabe diferenciar dos tipos de flujos principales: el vinculado a los procesos de fabricación ligados a procesos de carácter térmico y por otro lado el asociado a los sectores de la construcción, (como excedentes o elementos defectuosos), y demolición (donde suelen incorporarse mezclados al conjunto de los escombros).

Entre los productos o procesos de fabricación vinculados a este epígrafe cabe reseñar:

- Vidrio plano - Vidrio hueco.
- Vidrio doméstico - Filamento continuo.
- Vidrios especiales - Lanas Minerales Aislantes
- Fibras cerámicas - Fritas

Condicionantes en relación a la calidad del residuo

La producción de vidrio y productos asociados es una actividad que suele implicar procesos de alta temperatura con alto consumo de energía con el objeto de producir un material fundido como materia prima para la producción del vidrio. En este sentido las industrias de materiales de vidrio suelen presentar unos niveles de generación de residuos relativamente bajos y unas altas tasas de reutilización.

Estos procesos son base para el alto potencial de la fabricación de vidrio para admitir la reutilización de vidrio reciclado (como media en un 50 % y que en algunas instalaciones puede llegar al 90 %) o de sustancias minerales inorgánicas procedentes de otros flujos de residuos. Adicionalmente la utilización de material reciclado suele suponer una reducción de los consumos de energía del proceso en relación al uso de materia prima original.

Sin embargo existen limitaciones para que cualquier tipo de vidrio ser en los procesos de fabricación. Por un lado hay que considerar limitaciones para la reutilización de residuos de vidrio procedentes de fuentes externas (es decir distintas de las generadas en la propias instalaciones de fabricación) en relación a las exigencias de calidad requeridas en la fabricación. Esta limitación es especialmente sen-

sible en el caso de vidrio recuperado procedente de la construcción y la demolición.

En este sentido procesos como la fabricación de vidrio plano o la producción de vidrios especiales presentan restricciones al tipo de materia prima reciclada para prevenir la introducción de impurezas o inclusiones que restrinjan o imposibiliten el cumplimiento de las especificaciones de calidad de los productos a obtener. Es el caso de la fabricación de fibra de vidrio de filamento continuo, donde las impurezas introducidas con el material reciclado pueden inducir la rotura de las fibras durante el proceso de fabricación.

En determinados procesos de fabricación de vidrio, como es el caso del vidrio doméstico o de vidrios especiales, se requiere la utilización de aditivos como óxido de plomo, trióxido de antimonio o arsénico en la fabricación de vidrio doméstico al plomo o vidrio de cristal; o la necesidad de empleo de óxido de plomo, óxido de arsénico y antimonio o fluoruro para la obtención de determinados vidrios especiales (embudos de tubos de rayos catódicos, agentes afinantes, vidrios ópticos, etc); en general estos compuestos reducen las opciones de reutilización.

Oportunidades de Gestión y Valorización

- Reutilización en hornos.
El vidrio residual obtenido durante los procesos de fabricación puede ser objeto de reutilización “interna” en los hornos. La viabilidad de este proceso se relaciona con la adecuación del residuo a los requerimientos de calidad del proceso de fabricación, aplicándose de forma gradual y controlada a las mezclas de fabricación pudiéndose alcanzar rendimientos de hasta el 99 % en la reutilización “interna” del vidrio de desecho.
- Empleo como materia prima de otros procesos del vidrio.
En general los residuos de vidrio debidamente clasificado y machacado puede ser objeto de reutilización en otros procesos de fabricación de vidrio. Esta reutilización “externa” está condicionada por la sensibilidad a la calidad del proceso de fabricación a que se destinan. Así en procesos como la fabricación de lanas minerales o fritas, la reutilización de productos reutilizados procedentes de otras industrias del vidrio puede variar desde inexistente hasta el 100 % de materia prima reciclada.
Por otro lado existen determinados residuos procedentes de procesos con elevados requisitos de calidad que presentan alto potencial de reutilización “externa”. Así, en el caso de los residuos vítreos de la producción de vidrio plano se estima que en un 95 % es útil para su empleo como materia prima en otras industrias de fabricación de vidrio como es el caso del vidrio para envases.
- Reformulación y homogenización de los productos de vidrio.
Determinados sectores de fabricación que requieren mayores estándares de calidad en sus materias primas, como es el caso de fabricación de vidrios especiales, están desarrollando objetivos de normalización en la formulación de los vidrios producidos con objeto de facilitar

la reutilización de los residuos del vidrio empleado al objeto de facilitar su posibilidad de reciclado.

- Sustitución de componentes peligrosos en productos de vidrio. La utilización de plomo para la fabricación de vidrio de cristal ha sido objeto de investigación con el objeto de determinar el grado de afección ambiental de los posibles componentes sustitutivos. Como tales componentes se plantea la sustitución del plomo por bismuto, bario, estroncio, titanio o zinc.
- Mejoras de procesos en la fabricación. Uno de los sectores de fabricación de productos de vidrio sensible a la aparición de productos no conformes a los requisitos de calidad (y en consecuencia a la generación de productos desechados como residuos) por la aparición de impurezas es el de fabricación de filamentos continuos. Para prevenir esta fuente de generación se está introduciendo la utilización de canales de drenaje en el proceso de fabricación que permite retirar la pequeña proporción de vidrio en que aparecen las impurezas sin fundir pudiendo destinarse el material drenado como materias primas para otros procesos de producción. En el caso de la fabricación de lanas minerales, una de las barreras para la reutilización del material de desecho fino ha consistido en la interferencia en el proceso de fabricación (ya que interferiría el flujo de aire en el lecho de las materias primas). Para solventar estos problemas se ha desarrollado la aplicación del “briqueteado” (formación de “ladrillos de reciclaje”) de los materiales de desecho (materiales finos y granalla de “lana de roca”) de forma que puedan ser alimentados en forma de piezas de tamaño análogo al del resto de las materias primas de proceso.
- Reutilización en otros sectores productivos. El carácter predominantemente inerte de los residuos de vidrio está favoreciendo el estudio de aplicaciones de reutilización en otros sectores y en especial en los de la construcción de infraestructuras, industria cerámica y la fabricación de cemento y/o hormigón. Entre las experiencias de este tipo de desarrollos se pueden enumerar:
 - Empleo como aditivos de cemento y para la fabricación de hormigón (como “filler” o árido).
 - Materia prima en la fabricación de ladrillos.
 - Como agregado de sustitución en asfalto para firmes de carreteras.
 - Adecuadamente molido y seleccionado se ha empleado para la sustitución de grava o arena en la formación de bases en la construcción de firmes de carreteras.
 - Materia prima para la fabricación de baldosas cerámicas y gres.
 - Incorporación como aditivos en la fabricación de esmaltes.
 - En combinación con escorias metálicas como materias prima para la fabricación de materiales compuestos porosos de carácter cerámico.

- Aplicación en la fabricación de materiales compuestos aislantes.
- Utilización en la fabricación de materiales compuestos con bases de resinas y recubrimientos poliméricos.
- Fabricación de nuevos productos plásticos como es el caso de los “plásticos reforzados con vidrio”.

Ficha nº 3

RESIDUOS DE PLÁSTICOS

LER	020104	070213	120105	160119
	170203	191204		

Descripción

Los plásticos como residuos tienen básicamente cinco orígenes:

- PET (Polietilentereftalato), está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire.
- PEAD (Polietileno de Alta Densidad), se produce a partir del ETILENO que es un derivado del Petróleo o del Gas Natural.
- PEBD (Polietileno de Baja Densidad), se produce a partir del ETILENO que es un derivado del Petróleo o del Gas Natural.
- PVC (Policloruro de Vinilo), está compuesto de los siguientes elementos: cloro (derivado de la sal común) en un 57 % y etileno (derivado del petróleo) en un 43 %.
- PP (Polipropileno), se produce a partir de Petróleo o del Gas Natural por un proceso de polimerización.
- PS (Poliestireno), es un derivado de los hidrocarburos (petróleo crudo o gas natural).

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Mejorar los procesos productivos para fabricar el mismo producto con menor materia prima.
- Cambios de los diseños de los productos para optimizar al máximo la materia prima.
- La investigación de nuevas materias primas.
- Aumento de la vida útil mediante el uso y mantenimiento correcto.

Oportunidades de sustitución

- Sustitución de los derivados del petróleo por polímeros renovables provenientes de almidón y fibra de maíz, etc...

Oportunidades para mejorar la calidad del residuo

La correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos aumentarán la calidad del residuo cara a la eficiencia y rendimiento de los procesos de reutilización, reciclaje y valorización.

Oportunidades para el reciclaje

Diferenciaremos las diferentes oportunidades en las siguientes categorías:

- Reutilización
- Valorización material

- Reutilización
Una de las oportunidades de gestión aplicada a estos tipos de residuos es la reutilización, principalmente en sector industrial. En algunos procesos de transformación (como el termoformado), la reutilización de los residuos del proceso se considera parte integral del proceso. En otros casos y en función de las características y composición se pueden reutilizar como materia prima para otros procesos, aislante y material de relleno en materiales de construcción, etc.

- Valorización material
Entre las principales oportunidades de valorización de residuos plásticos es el reciclaje, en las que la primera etapa, la recolección es fundamental para el resultado final. En lo posible deben de separarse en origen los diferentes tipos de plástico. No solo se reducen los costes de clasificación, también se obtiene un producto más homogéneo.

Dentro del reciclado se diferencian dos procesos posibles:

- Reciclado Mecánico
- Reciclado Químico

- Reciclado Mecánico
El reciclado mecánico es un proceso físico mediante el cual el plástico es recuperado, permitiendo su posterior utilización. El material de mejor calidad es el "Scrap", que son los residuos que quedan al pie de la máquina, tanto en la industria petroquímica como en la transformadora. El scrap (post-industrial), es fácil de reciclar porque está limpio y es homogéneo en su composición, ya que no está mezclado con otros tipos de plásticos. Algunos procesos de transformación (como el termoformado) generan el 30-50% de scrap, que normalmente se recicla. La separación mecánica de residuos plásticos mixtos es una práctica habitual en residuos urbanos e industriales, generalmente procedentes de envases y embalajes.

- Reciclado Químico
Se trata de diferentes procesos mediante los cuales las moléculas de los polímeros son rotas dando origen nuevamente a materia prima básica que puede ser utilizada para fabricar nuevos plásticos. Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la ventaja de no tener que separar tipos de resina plástica, es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos reduciendo de esta manera los

costes de recogida y clasificación y dando origen a productos finales de muy buena calidad.

El reciclado químico se encuentra hoy en una etapa experimental avanzada. Es de suponer que en los próximos años pueda transformarse en una poderosa y moderna herramienta para tratar los residuos plásticos.

Principales procesos existentes:

- **Pirolisis;** es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.
- **Hidrogenación;** en este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.
- **Gasificación;** los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.
- **Quimiólisis;** este proceso se aplica a poliésteres, poliuretanos, poliacetales y poliamidas. Requiere altas cantidades separadas por tipo de resinas. Consiste en la aplicación de procesos solvólíticos como hidrólisis, glicólisis o alcoholisis para reciclarlos y transformarlos nuevamente en sus monómeros básicos para la repolimerización en nuevos plásticos.
- **Metanólisis;** Es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster (el PET), es depolimerizado en dimetiltereftalato (TPA) y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen. Varios productores de polietilentereftalato están intentando de desarrollar este proceso para utilizarlo en las botellas de bebidas carbonadas. Las experiencias llevadas a cabo han demostrado que los monómeros resultantes del reciclado químico son lo suficientemente puros para ser reutilizados en la fabricación de nuevas botellas de PET.

Valorización energética

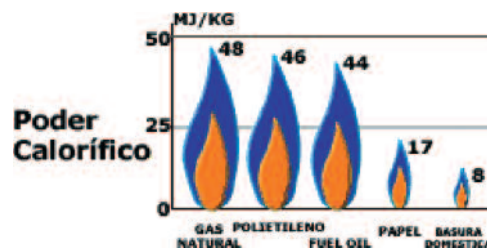
En aquellos casos en los que se hayan agotado las vías anteriores en la jerarquía de residuos, podrá acudir a otro tipo de valorización, por ejemplo, energética.

A los efectos del tratamiento término de residuo, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos,

según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo.

Excepcionalmente podrán autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones del Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015)

El residuo plástico contiene energía comparable con los combustibles fósiles, de ahí que los residuos de PET, PEAD/PEBD,PVC,PP y PS constituyen una excelente alternativa para ser usados como combustible para producir energía eléctrica y calor.



Ficha nº 4

ENVASES INDUSTRIALES

LER	150104	150105	150106	150110*
------------	---------------	---------------	---------------	----------------

Como residuos de envases deberán considerarse aquellos elementos empleados para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. Este tipo de residuos están incluidos dentro del ámbito de la Ley 11/1997 de 24 de abril, R.D. 782/1998 de 30 de abril.

En relación a su identificación, en el ámbito industrial, podemos distinguir:

- Envase de transporte o envase terciario. Aquellos envases diseñados para facilitar la manipulación con objeto de evitar su manipulación física y los daños inherentes en el transporte, excluyendo (expresamente) los contenedores intermodales o multimodales para el transporte.
- Envase colectivo o envase secundario. Los envases empleados para la agrupación de un número determinado de productos, pudiendo ser separado del producto sin afectar a las características del mismo.
- Envase primario. Los envases diseñados para constituir la presentación, manipulación o transporte en el punto de destino para su empleo por el usuario final, de tal forma que no pueda modificarse el contenido sin abrir o modificar dicho envase.
- Envase superfluo, Envases que faciliten la manipulación, distribución y/o presentación del producto, pero no resulten necesarios para contenerlo o protegerlo. A efectos de minimización, son de especial interés.

En relación a la realización de actividades envasadoras, los responsables de su puesta en mercado deberán prever estrategias (mediante planes de prevención) que favorezcan la reducción y gestión del envase utilizado.

En el caso de los envases industriales la práctica es que el poseedor final o usuario final se encarga de asegurar su gestión a través de Gestor Autorizado. Esto supone el traslado de la responsabilidad de la gestión de los envases al que los recibe, luego el poseedor final de los envases estará obligado entregarlos a un gestor de residuos, para su valorización o eliminación, además de participar en los correspondientes costes de gestión.

La Ley 11/1997, y el reglamento que la desarrolla, prevén la participación de los agentes económicos responsables de los productos envasados a través del sistema de depósito, devolución y retorno, cuando no hubiesen constituido un Sistema Integrado de Gestión específico o se hubiesen integrado en uno.

Oportunidades de Reducción y Gestión

Las opciones de minimización y gestión de envases industriales no acogidos a Sistemas Integrados de Gestión (SIG's) deben orientarse a reducir la generación de su cantidad, reducir la variabilidad de sus tipologías y favorecer su recogida y reciclado.

Las estrategias a seguir en la gestión de los envases industriales deben orientarse a:

- Reducir la generación de envases mediante la identificación de envases con carácter superfluo y su eliminación.
- Fomento del empleo de envases que favorecen la “reducción cuantitativa” en el contenido del material constituyente de los envases, reduciendo su peso o la eliminando las partes superfluas.
- Selección de los proveedores, favoreciendo la utilización de productos de aquellos que participan en la recogida, gestión y reciclado de los envases suministrados o la participación en sistemas integrados de gestión de envases.
- Selección de los tipos de envases empleados, seleccionando tipologías reutilizables y previniendo la utilización de envases compuestos o de mayor dificultad de reciclado.
- Favorecer la selección y utilización de envases con propiedades físicas y características que permitan soportar un mayor número de rotaciones en caso de reutilización en condiciones de uso normalmente previsibles
- Reducción de la cantidad de envases por unidad de materia prima o producto suministrado de forma frecuente (empleo de envase reutilizables de mayor capacidad).
- Favorecer la utilización de sistemas de suministro y almacenamiento “a granel” de materias primas de uso continuo.
- Prevenir la mezcla de envases o su contaminación por productos de carácter peligroso que dificulten su reciclado y reutilización.
- Aplicación de técnicas de pretratamiento de envases para la retirada o eliminación de elementos contaminantes peligrosos.

Ficha nº 5

RESIDUOS TEXTILES

LER 040221 040222 191208

Origen

LER 040221 (Residuos de fibras textiles no procesadas), **LER 040222** (Residuos de fibras textiles procesadas), que se integran en el epígrafe 0402 “Residuos de la industria textil” del Listado Europeo de Residuos (LER),

LER 191208 (Textiles).

Estos residuos que se integran en el epígrafe 19 “Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial”.

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- Gestión de dichos residuos a través de las Bolsas de subproductos.
- En industria textil ajustar los diseños o patrones con el corte de mayor rendimiento optimizando la cantidad de materias primas empleadas y minimizando la producción de retales.

Oportunidades para el reciclaje

Diferenciaremos las diferentes oportunidades en las siguientes categorías:

- Reutilización
- Valorización material
- Reutilización
Una de las oportunidades de gestión aplicada a estos tipos de residuos es la reutilización, principalmente en la industria textil donde los residuos de hilos y fibras se empalman y se bobinan de nuevo pudiéndose emplear para productos diferentes con distintas características.
- Valorización material
Una de las principales oportunidades de valorización de residuos de la industria textil es el reciclaje para transformar los residuos mediante triturado en materias primas secundarias para producir textiles de menor calidad o para uso como materiales de relleno para industrias de otros sectores como el de los muebles, el automovilístico, extrusión de plásticos, etc.

Valorización energética

En aquellos casos en los que se hayan agotado las vías anteriores en la jerarquía de residuos, podrá acudir a otro tipo de valorización, por ejemplo, energética.

Los residuos que no tengan posibilidades de reutilización o reciclaje pueden ser valorizados con el objetivo de reducir el volumen de los mismos y generar a la vez energía a partir de la combustión de los residuos (valorización energética de residuos). Una gran parte de estos residuos son valorizables energéticamente por su composición y poder calorífico.

A los efectos del tratamiento térmico de residuos, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo. Excepcionalmente podrá autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones del Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015).

Ficha nº 6

RESIDUOS DE TIERRAS, DE CARÁCTER MINERAL Y ASIMILABLES

LER	020401	100124	101208	101314
	170504	170101	170102	170103
	170107	170508	190119	190401
	190802	191209		

Características

Esta ficha agrupa un conjunto de residuos procedentes de diferentes procesos de producción y fabricación que presentan como característica común la de ser sustancias minerales inorgánicas no peligrosas. Además tienen una generación más o menos discontinua y variable en cantidad, distribución y granulometría que dificulta la actuación de cara a su reducción en los puntos de generación, ya que en muchos casos se trata de rechazos de procesos de preparación, limpieza o fabricación.

Engloba a sustancias de diferentes orígenes como:

- Arenas de lechos fluidizados.
- Rechazos de cerámica, ladrillos, tejas, hormigón, lodos de hormigón y otros materiales de construcción procedentes de procesos de fabricación.
- Tierra, piedras, hormigón, ladrillos, tejas, materiales cerámicos, balasto y mezclas de los mismos originados como rechazos de actividades de construcción, explotación de actividades de transporte o demolición.
- Arenas y minerales obtenidos como rechazo durante procesos de tratamiento de residuos, aguas residuales o de la preparación de agua para consumo humano o uso industrial.
- Tierra procedente de la limpieza y lavado obtenidos en actividades de transformación de productos agrícolas.

Oportunidades de reducción

Aún cuando su generación heterogénea y discontinua dificulta las opciones de reducción en origen se identifican las siguientes estrategias al objeto de limitar su producción y orientadas a facilitar reutilización posterior:

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- Correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos aumentarán las posibilidades de reutilización o valorización.
- Tratamientos eficientes de pérdida de humedad.

Oportunidades para el reciclaje y gestión

Diferenciaremos las diferentes oportunidades en las siguientes categorías:

- Valorización material
 - Reciclado

Los residuos agrupados en el epígrafe de “Residuos de la construcción y demolición” (RCDs) tienen como principal proceso de valorización el reciclado para su utilización en obra civil y medioambiental para restauración, acondicionamiento o relleno. Los áridos producidos en el reciclaje de estos residuos se utilizan específicamente en diferentes sentidos en función de las características de los residuos de partida. Así, una de las aplicaciones del árido reciclado cerámico es la fabricación de hormigones y morteros. Por otro lado, los procedentes de estructuras de hormigón también se utilizan como áridos gruesos y finos para la producción de hormigones, morteros y cemento así como en obras de carreteras como materiales para explanaciones y para distintas capas de firmes, de acuerdo en todos los casos las especificaciones técnicas y medioambientales exigidas. En el caso de utilización de residuos inertes adecuados en Aragón se deberá obtener la correspondiente autorización regulada en el Decreto 262/2006 del Gobierno de Aragón. Para Residuos de hormigón y lodos de hormigón (LER 101314) se están empleando en las plantas de hormigón equipos de reciclado para incorporar dichos residuos a la producción nuevamente. Ese tratamiento “in situ” tiene como objetivo medioambiental generar cero residuos en este tipo de plantas. Estos tratamientos pueden ser mecánicos (mediante dilución en agua y separación (áridos y disolución agua-cemento y finos)), o químicos (mediante la adición de retardantes del fraguado). En función de su composición y características (inerte) se puede estudiar su valorización para su utilización en obra civil de los residuos aquí citados de los epígrafes “Residuos de procesos térmicos” y “Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial”.
 - Uso como abono orgánico en Agricultura.

Durante determinados procesos agroindustriales, como por ejemplo el lavado de la remolacha por vía húmeda, se generan cantidades significativas de tierras (LER 020401), con una cierta fracción de materia orgánica (raíces, hojas). En el mismo grupo

se encuentran inertes (arenas, piedras) recuperados en las instalaciones de tratamiento de residuos, arenas de las plantas depuradoras de aguas residuales y de potabilización de agua. Estos residuos presentan una tendencia a la putrefacción, por lo que no pueden ser utilizados como áridos, pero pueden ser empleados en procesos de producción de enmiendas orgánicas, siempre que sus características se encuentren dentro de los parámetros legales máximos.

Ficha nº 7

LODOS NO PELIGROSOS

LER	020301	020305	020403	020502
	020603	020701	020705	030302
	030305	030309	030311	040106
	040107	040220	050110	050113
	060503	070112	070212	070312
	070412	070512	070612	070712
	080114	080116	080202	080307
	080315	080412	080414	100107
	100121	100123	100214	10021
	100326	100705	100818	101114
	101118	110110	101205	101213
	101307	120115	170506	191106
	190206	190604	190606	190805
	190902	190903	191304	191306
	190906			

Descripción

En esta ficha se incluyen las actuaciones para minimizar y gestionar todo tipo de lodos no peligrosos, tanto inorgánicos como orgánicos.

Condicionantes normativos para la Reutilización

Las opciones de gestión y aplicaciones de reutilización de estos lodos y fangos no peligrosos se encuentra condicionada por la siguiente normativa con carácter sectorial:

- Directiva 86/278, que regula la aplicación a los suelos de los lodos de depuración.
- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.
- Plan Nacional de Lodos de Depuradora integrado en el PNIR: Resolución de 20 de enero de 2009, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos para el período 2008-2015.
- Orden de 26 de octubre de 1993, sobre Utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

Oportunidades de prevención

La cantidad y carga contaminante de un lodo generado en un proceso de depuración depende directamente de la carga contaminante del agua tratada. Incluso el consumo de reactivos, necesarios para el tra-

tamiento y que pueden contribuir a la producción de lodos, guarda una relación directa con la carga contaminante.

La prevención, por tanto se debe de centrar en los procesos que generan las aguas contaminadas. En el caso de aguas residuales urbanas, la generación es la consecuencia del conjunto de hábitos y consumos de las dinámicas humanas. Cambios en estos hábitos solo pueden incentivarse a través de campañas de concienciación social. En procesos industriales pueden estudiarse e incorporarse medidas de mejora en los procesos productivos, orientados a la reducción de la cantidad de sólidos en las aguas residuales. Además deben de optimizarse los procesos de tratamiento, ajustando las dosificaciones de reactivos. Paralelamente, existen diversos sistemas de minimización de fango en las propias EDAR. Estos sistemas pueden actuar sobre la producción de materia seca o sobre el contenido de agua, como es el espesamiento y la deshidratación mecánica.

Existen pocas opciones para la reducción de los lodos generados. Cabe la posibilidad de la adición de productos químicos, no siempre deseable, a parte de suponer el consumo de materias primas. Por ello, como opción más aconsejable sería el secado de lodos, con el fin de reducir la humedad y por tanto, reducir el volumen de los mismos.

Oportunidades de reducción de volumen

Para reducir el volumen se dispone de los siguientes métodos para tratamiento del fango previo a su reciclaje o valorización:

- Secado térmico
Representa una alternativa de tratamiento del fango para su posterior valorización energética del material. En las plantas de secado térmico se reduce el agua contenida en los fangos por evaporación mediante la aportación de calor externo. Así se consigue disminuir la masa y el volumen del fango y obtener un producto —fango seco— estable e higienizado apto para ser aplicado en el suelo en provecho de la agricultura, en un depósito controlado o como combustible. El calor necesario para desarrollar el proceso de secado descrito puede proceder de calderas o de los gases de combustión de motores de generación de energía eléctrica asociados a la planta —cogeneración—.
- Compostaje
Consiste en realizar la descomposición biológica, aerobia y termófila, en condiciones controladas, de una parte de la materia orgánica que contienen los fangos.
Este proceso presenta las siguientes ventajas:
 - Reducción de la masa de material, por la reducción de la materia orgánica y la evaporación de parte del agua.
 - Higienización.
 - Estabilización, con la consiguiente reducción de olores y disminución de los procesos de descomposición.
 - Posibilidad de gestión como producto. Si se gestiona como fertilizante, con unos límites de contenido de metales bastante restrictivos.

Los efectos anteriores mejoran el almacenamiento del fango. Sin embargo, se debe considerar que el proceso de compostaje puede comportar una concentración de los elementos contaminantes presentes en el fango. Sin duda, esta reducción se ve compensada por los restos de estructurante que quedan incluidos en el compost.

Oportunidades para el reciclaje o valorización

La gestión del fango tiene repercusiones de tipo ambiental, social y económico. Al mismo tiempo, dicha gestión se encuentra sometida a diversos factores que la condicionan. Estos condicionantes, que están en constante evolución son legales, sociales, ambientales, energéticos, técnicos, logísticos y económicos/financieros.

El Plan Nacional de Lodos de Depuradora establece la prioridad siguiente en la gestión del fango:

- valorización en usos agrícolas,
- valorización energética

- Valorización en usos agrícolas

Las actividades encaminadas al reciclaje de los fangos como abono del terreno sólo se podrán realizar si las características de dichos fangos cumplen con los valores límites impuestos en el Anexo I del Real Decreto 1310/1990. Si esta acción puede ser realizada, se considera óptima atendiendo a consideraciones energéticas, de reducción de emisiones de CO₂ y económicas. La valorización agrícola del fango permite incorporarlo a los ciclos naturales y de energía. Se logra así un beneficio doble, ambiental y agrario, consecuencia, por un lado, de su eliminación sin alterar de forma relevante el equilibrio ecológico.

Sólo pueden ser utilizados en la actividad agraria los lodos tratados. Se entienden por “lodos tratados” los lodos de depuración tratados por una vía biológica, química o térmica mediante almacenamiento a largo plazo o por cualquier otro procedimiento apropiado.

Por lo que respecta a la aplicación del compost en la agricultura según el RD 1310/1990, debe tenerse en cuenta que el proceso de compostaje reduce el contenido de N del material. La menor relación C/N implica que puede dosificarse más compost por unidad de superficie, por lo que permite un mejor uso como enmienda orgánica y favorece la aplicación del fango en cultivos de baja demanda de N.

Existen estudios relativos a la viabilidad técnica del uso de lodos como materia prima en la fabricación de productos cerámicos (termoarcilla).

- Valorización energética

A los efectos del tratamiento término de residuo, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo. Excepcionalmente podrán autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones del Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015). Como producto orgánico, el fango de depuración dispone de capacidad para ser valorizado energéticamente. No obstante, su valorización energética se ve limitada por el elevado contenido de agua.

	PCI	
	kJ/kg	kCal/kg
Fango crudo, 24%MS	1.600	382
Fango digerido, 24%MS	360	86
Fango crudo, 35% MS	3.500	835
Fango digerido, 45% MS	3.500	835

Con tal de asegurar que el proceso de combustión del fango sea autotérmico, es necesario que el material disponga de valores de PCI cercanos a los 3.500 kJ/kg (835 kcal/kg).

La valorización energética del fango puede llevarse a cabo en plantas exclusivas para el tratamiento de fangos de depuración o en instalaciones de co-combustión con otros residuos. En este último caso, la introducción de fangos puede contribuir positivamente a reducir la carga térmica por unidad de masa tratada por el conjunto de la planta. Respecto a los aspectos medioambientales la Directiva 2000/76/CE fija los límites máximos de emisión de contaminantes a la atmósfera, que presenta el principal impacto de la valorización energética de residuos.

La valorización energética trae asociada la generación de cenizas. En los casos de fangos, esta producción deriva del contenido mineral del fango, que habitualmente representa entre el 30% y el 50% de la materia seca del material. Por consiguiente, la valorización energética no puede ser considerada un destino final del residuo, ya que se debe prever la gestión de las cenizas producidas en el proceso de combustión, donde se concentra la fracción menos volátil de los contaminantes —que incluye la mayor parte de metales pesados—. Debe señalarse que existen diversos sistemas de gestión de las cenizas, entre los cuales cabe la posibilidad de incorporarlas a materiales de construcción.

Una de las principales vías conocidas de valorización ener-

gética de fangos como sustitución de combustibles fósiles en plantas de producción industrial es su introducción en hornos de fabricación de clínker para la producción de cemento. Este destino presenta la ventaja de que la materia mineral del fango se incorpora al clínker.

Ficha nº 8

LODOS CON COMPUESTOS PELIGROSOS Y PROCEDENTES DE TRATAMIENTO DE FANGOS BIOLÓGICOS CONTAMINADOS

LER	040219*	050102*	050103*	050104*
	050106*	050109*	060502*	060703*
	070111*	070211*	070311*	070411*
	070511*	070611*	070711*	080113*
	080115*	080314*	080411*	080413*
	100120*	100122*	100213*	100325*
	100407*	100506*	100607*	100817*
	101113*	101117*	110108*	110109*
	110115*	110202*	140604*	140605*
	170505*	191303*	191305*	

Condicionantes a la Reutilización

La gestión y reutilización de lodos y fangos se encuentra limitada, especialmente en el caso de la presencia de compuesto peligrosos, por normativa con carácter sectorial:

- REAL DECRETO 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Decreto 236/2005, de 22 de noviembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de la producción, posesión y gestión de residuos peligrosos y del régimen jurídico del servicio público de eliminación de residuos peligrosos en la Comunidad Autónoma de Aragón.

Características sobre las que actuar para su reducción

Se incluyen en esta categoría todos aquellos lodos industriales o urbanos, que por su composición química (metales pesados o sustancias tóxicas) sean considerados como Residuos Peligrosos.

Respecto a las actuaciones para la reducción de la presencia de sustancias peligrosas, hay que incidir que solo en el ámbito industrial cabe tomarse medidas propias mediante cambios en el procesos o utilización de materias primas con menos sustancias peligrosas. En el caso de los lodos de depuradoras urbanas, solo caben medidas de concienciación de la población orientadas a no emplear o reducir el vertido de sustancias con metales pesados y compuestos orgánicos peligrosos.

En todos los casos se puede actuar para minimizar la cantidad de fangos producidos, mediante cambios en los procesos de depuración. Asimismo, previa las labores de valorización, reciclaje o tratamiento térmico, es necesario la aplicación, al menos, de espesamiento de fangos y deshidratación mecánica de los mismos.

Oportunidades para reducir la cantidad y la calidad de residuos generados

- Secado biológico de fangos contaminados
Se entiende por secado biológico la aplicación de la tecnología de compostaje para reducir el volumen, la humedad y el contenido en materia orgánica, así como higienizar el residuo. Este tratamiento supone la reducción de costes de manipulación, transporte y disposición final, debido al menor volumen, menor humedad y reducción del contenido en materia orgánica, así como la minimización de problemas en el vertedero. Oportunidades para el reciclaje Las metodologías orientadas al reciclaje de lodos de carácter industrial o urbanos pero altamente contaminados, dependen de la tipología de los metales pesados y sustancias químicas que los componen. Las tres técnicas con mayor grado de aceptabilidad según los estudios realizados son:
 - Ceramización: Consiste en mezclar el residuo con una arcilla y posterior cocción. En función del tipo de matriz cerámica y del tamaño de la partícula, se puede tratar de una encapsulación o del confinamiento del óxido en la red del silicato amorfo que forma parte del cuerpo cerámico.
 - Clinquerización: Consiste en la cocción a 1.500°C con aire caliente en hornos giratorios con una inclinación del 3% y posterior molienda, para poder añadirlo al cemento y sus derivados.

En fangos con altas concentraciones de metales pesados o sustancias tóxicas, tanto la ceramización como la clinquerización no tienen el mismo grado de seguridad ni en el propio proceso ni en el producto resultante que el siguiente proceso:

- Vitrificación. La vitrificación es una tecnología muy apropiada para tratar algunos de los residuos peligrosos, y una de las mejores para inertizarlos. Si bien, el coste del tratamiento es elevado. El confinamiento de los compuestos orgánicos dentro de una matriz vítrea se produce en una relación no fija, como en los vidrios.

Ficha nº 9

Disolventes usados y residuos con disolventes

LER	020303	040214*	070103*	070104*
	070203*	070204*	070303*	070304*
	070403*	070404*	070503*	070504*
	070603*	070604*	070703*	070704*
	080111*	080117*	080119*	080409*
	080415*	090103*	140602*	140603*

Descripción

Los disolventes se agrupan en dos categorías principales, los disolventes acuosos y los disolventes orgánicos, aunque la última categoría es la que suele considerarse propiamente como disolventes. En general son mezclas de varios compuestos químicos mayoritarios acompañados de trazos de otros.

Las principales características habituales de los disolventes orgánicos de uso industrial se resumen en su carácter líquido y de peso molecular ligero, tener punto de ebullición relativamente bajo, ser sustancias poco polares (por tanto escasamente miscibles en agua), manifestar una gran lipofilia, poseer gran volatilidad, presentar una alta presión de vapor (que favorece el desprendimiento de vapores durante su manejo) y por ello susceptibles de ser inhalados fácilmente y constituir sustancias combustibles cuyos vapores mezclados con el aire pueden dar lugar a mezclas inflamables y con riesgo de explosión. Los disolventes industriales orgánicos pueden clasificarse del siguiente modo:

- Hidrocarburos simples.
- Derivados de los hidrocarburos.
- Disolventes no hidrocarbonatos: disulfuro de carbono.

Los disolventes forman parte de una gran variedad de productos. Aunque casi la mitad de los disolventes, se encuentran en pinturas y recubrimientos (46%), sirven para producir otros productos tales como:

- Productos farmacéuticos (9%).
- Colas y pegamentos (6%).
- Tintas de impresión (6%).
- Productos cosméticos (6%).
- Desengrasantes (4%).
- Plaguicidas (2%).
- Productos de limpieza en seco (1%).

Oportunidades para reducir la cantidad de disolventes utilizados

Como medidas generales de minimización, se plantean las siguientes:

- Estudio de uso para adquirir únicamente el necesario y evitar caducidad.
- Limpieza que evite la disminución de rendimiento y la ne-

cesidad de renovar.

- Cierre de procesos para evitar pérdidas, así como recogida y reciclado.
- Limpiezas físicas previas para eliminar adherencias
- Limpiezas rápidas para evitar endurecimiento de la suciedad.

Aparte de las oportunidades de reducción derivada de la aplicación de procesos de reciclaje, que se verán en los apartados siguientes, la reducción del consumo de este tipo de productos, y consecuentemente del potencial de generación de residuos asociados se basan en las siguientes estrategias, muchas veces de forma combinada:

- Mejora en la efectividad de las técnicas de aplicación.
- Reducción de las pérdidas potenciales durante su aplicación.

Mejora de la efectividad de la aplicación

La mejora en la efectividad de aplicación se fundamenta en la utilización de equipos y procesos que potencien la eficacia de la transferencia durante el proceso, reduciendo la cantidad unitaria de producto requerida en el mismo en relación a la unidad de fabricación vinculada al proceso (por ejemplo en el caso del tratamiento de superficies el porcentaje de producto efectivo aplicado en relación a la unidad de la misma).

En esta efectividad influye la disposición (orientación, geometría, etc.) de los elementos sobre los que se va a realizar el proceso, como el sistema de aplicación utilizado.

- Cambio del sistema de aplicación (manual a automático)
 - La utilización de sistemas de pulverización manual mediante pistolas suponen bajas tasas de transferencia, influyendo además la preparación del operador.
 - Los sistemas de aplicación automatizados permiten un mejor control del proceso, una mejor consistencia y calidad de los acabados obtenidos y un aumento de la productividad alcanzada.
 - Existen procesos automatizados de aplicación mediante rodillos o cortina que permiten una reducción del contenido de disolventes a emplear mediante el aumento de la tasa de transferencia hasta niveles próximos al 100 % y con la posibilidad de recuperación del recubrimiento no aplicado.
 - Para el tratamiento de elementos en tres dimensiones se pueden disponer de sistemas robotizados o túneles de tratamiento en los que las pistolas automatizadas de aplicación pueden efectuar las operaciones de aplicación en tres dimensiones realizando los movimientos necesarios (bien de los elementos de aplicación o bien por la circulación de los productos objeto del proceso) para el tratamiento completo de los elementos tratados.
- Cambio del sistema de pulverizado para mejorar la tasa de transferencia.
 - Consiste en la sustitución de los sistemas con-

vencionales de pistolas neumáticas por sistemas de pistolas HVLP (alto volumen y baja presión). Permiten un incremento de la tasa de transferencia desde niveles del 40 % al 70 %, disminuyendo la cantidad de producto consumido y por tanto de disolventes.

En general, los costes derivados del paso de unas a otras tecnologías se ven compensados por el ahorro derivado del menor consumo de productos, mayor productividad alcanzada en los procesos y aumento del niveles de calidad en los productos obtenidos y la reducción de gastos derivados de una gestión de residuos y tratamiento de emisiones fugitivas a la atmósfera, lo que en multitud de casos permite afrontar su implantación en términos de amortización económicamente viable.

- Reducción de pérdidas por evaporación
Los procesos de reducción de pérdidas se relacionan con la capacidad inherente de este tipo de productos para generar emisiones difusas de compuestos orgánicos volátiles (COV,s) durante su manipulación y aplicación. Este efecto además de originar un aumento de consumos por la necesidad de reponer el producto, origina emisiones de contaminantes a la atmósfera (de forma difusa o concentrada) con la consiguiente posibilidad de exposición a los trabajadores.
Las técnicas de reducción de emisiones fugitivas, y en consecuencia de la reducción del consumo de agentes disolventes, suponen la aplicación de los productos en baños o vaporización en entornos aislados que reduzcan la posibilidad de intercambio con el medio.
 - Sistemas de tapas en los tanques de baño pueden llegar a suponer una reducción del 50 % - 80 %.
 - Equipos herméticos de aplicación que disponen de un sistema automatizado de alimentación del agente disolvente así como de recogida de los residuos de tratamiento suponen prácticamente una reducción total de la emisión de COV y reducciones en el consumo de materias primas de hasta el 75 %.

Oportunidades de sustitución

Como primera medida a aplicar debemos tener en cuenta la posibilidad de eliminar o sustituirlas sustancias peligrosas. Para llevar a cabo esta sustitución tendremos que valorar consideraciones de tipo técnico, económicas, de salud, sociales, medioambientales y legales. La sustitución de disolventes por productos alternativos se fundamenta en la toxicidad asociada a estos productos, especialmente en el caso de los de carácter organoclorados. En función del tipo de proceso y campo de aplicación estas oportunidades de sustitución pueden considerar varios niveles:

- Sustitución por otro producto disolvente equivalente con una categoría de peligrosidad menor. Es el caso de la sus-

titución en procesos de limpieza de Tricloroetileno con frase de riesgo R45 por Percloroetileno con frase de riesgo R40.

- Sustitución de agentes con bajo punto de ebullición (como la acetona o el tolueno) por agentes con puntos de ebullición más elevado (por ejemplo butilacetato) para reducir las pérdidas por emisiones fugitivas.
- Sustitución de agentes clorados y organoclorados por productos sustitutivos, alternativos o productos con bajo contenido en disolventes como hidrocarburos, agentes de base acuosa o hidrofluoroéteres, productos de alto contenido en sólido o productos en polvo.
- Sustitución de disolventes orgánicos por disolventes acuosos, ya muy habitual en la producción de pinturas y barnices.

Así por ejemplo, en el sector de la impresión caben las siguientes actuaciones de sustitución:

- Sustitución de las tintas en base disolvente, por otras tintas alternativas (tintas vegetales, tintas al agua, tintas UV, tintas EB).
- Uso de productos de limpieza basados en:
 - Aceites vegetales (ésteres vegetales, aceite de soja, colza, etc)
 - Emulsiones de base acuosa (por ejemplo, disoluciones de carbonato de sodio)
 - Aceites de limpieza con punto de inflamación elevado (>100°C): HBS (High Boiling Solvents), para evitar la evaporación
 - Añadir un 2% de ácido tartárico (E334) o un 2% de ácido cítrico al agua utilizada en la limpieza para prevenir la formación de depósitos.
 - Las manchas de aceite en la máquina, el suelo o las mesas se eliminan con agua tibia
- Uso adhesivos y barnices: en base agua o con menos disolventes
- Adhesivos con altos contenidos en sólidos

En el sector limpieza:

- Uso limpiadores neutros en la limpieza intermedia y final de superficies
- Uso de productos fuertemente alcalinos para conseguir superficies limpias antes de comenzar procesos de fosfatado, recubrimiento o ennoblecimiento de superficies.
- Uso de limpiadores con base acuosa (ácidas y alcalinas) para la limpieza de metales.
- Uso de ésteres de ácidos grasos para la limpieza de superficies metálicas.
- Terpenos (por ejemplo d-limoneno)
- Polvos de limpieza hidrosolubles
- Agua caliente a presión y/o jabón
- Detergentes y jabones biodegradables.

En la fabricación de productos farmacéuticos:

- Fluidos supercríticos
- Disolventes de base acuosa

En la fabricación de calzado:

- Sustitución de los adhesivos en base disolvente por:
 - Adhesivos en base agua
 - Adhesivos termofusibles (hot-melt)
 - Otros adhesivos de menor contenido en disolvente

En la industria del automóvil:

- Pinturas de alto contenido en sólidos-pinturas en polvo
- Recubrimiento de mezcla de polvos
- Pinturas de base agua
- Limpiadores de superficies de bajo contenidos en disolventes orgánicos
- Barnices con alto contenido en sólidos y barnices al agua
- Sustitución de disolventes halogenados en la etapa de desengrase y limpieza por otros disolventes o soluciones mixtas de compuestos solubles en agua (alcoholes, aminas) o insolubles (ésteres, éteres) menos perjudiciales.
- Sustitución del cromo hexavalente por cromo trivalente (en el pasivado)

Oportunidades para el reciclaje

Están plenamente desarrolladas tecnologías industriales que permiten la recuperación y reutilización de los disolventes aplicados permitiendo su separación y el incremento del número de ciclos de aplicación del producto con la consiguiente reducción del consumo global del mismo.

El principio de regeneración se fundamenta en procesos de destilación. Pueden alcanzarse rendimientos de hasta el 90 % de producto recuperado en función de su grado de sustancias contaminantes presentes en el mismo

Previamente a la aplicación del proceso de regeneración, el disolvente usado y manchado es objeto de almacenamiento y decantación de forma que se reduzca la cantidad de pigmentos, partículas y/o posos presentes en el mismo.

Los residuos separados del disolvente en la fase de arrastre por destilación se recogen mediante bolsas "Rec-Bag", que evitan la manipulación del operador, si tienen carácter sólido; mientras son descargados volteando del depósito del aparato si son de tipo líquido. Actualmente existen disponibles diferentes equipos comerciales con capacidades nominales de producción desde 2 a 180 l/h de disolvente tratado, hasta equipos de alta carga con capacidades desde 150 a 1.000 litros por ciclo de tratamiento.

Finalmente cabe indicar la existencia de un conjunto de tecnologías emergentes dirigidas bien a la reducción del potencial de emisiones fugitivas o bien a sistemas de separación y recuperación del disolvente empleado. Entre estas técnicas podemos mencionar:

- Sistemas de separación de vapores orgánicos por tecnologías de membrana.

- Recuperación de disolventes en lecho fluidificado (de alta efectividad para disolventes solubles en agua, clorados y CFC's).
- Sistema ADR con absorbedor de VOC,s con carbón activo.
- Absorbentes poliméricos combinados con desorción con microondas.

Ficha nº 10

CENIZAS VOLANTES Y RESIDUOS PARTICULADOS FINOS

LER	061305*	100101	100102	100103
	100104*	100105	100113*	100114*
	100115	100116*	100117	100319*
	100320	100321*	100322	100404*
	100405*	100503*	100504	100603*
	100604	100703	100704	100804
	100815*	100816	100909*	100910
	100911*	100912	101009*	101010
	101011*	101012	101105	101111*
	101203	101306	110502	120102
	120104	190111	190112	190113*
	190114	190115*	190116	190402

Descripción

Este grupo de códigos LER recoge un conjunto de residuos que presentan como características comunes el tratarse de sustancias sólidas, que aparecen de forma granular o en partículas y presentan un tamaño de grano muy fino, lo que les confiere una importante capacidad de dispersión y movilización en la atmósfera. Por ello, generalmente proceden de sistemas de captación, introducidas como medida de gestión ambiental en líneas de tratamientos de gases. Podemos identificar una cierta agrupación de los diferentes códigos en relación a los procesos que los originan, lo que va a influir indirectamente en las opciones de gestión y reutilización de que pueden ser objeto, pudiendo agruparlas del siguiente modo:

- Partículas y polvo generadas en operaciones de carácter mecánico (por ejemplo procesos de molienda).
- Cenizas, partículas y polvo provenientes de procesos de depuración de gases relacionados con procesos térmicos y de combustión a alta temperatura (por ejemplo generación de energía eléctrica en centrales térmicas).
- Partículas y polvo provenientes de otros procesos de tratamiento de gases incluidos los relacionados con procesos térmicos a temperaturas intermedias y relativamente bajas.

Condicionantes a la reducción en origen

La relación de las sustancias consideradas en estos códigos LER con procesos de depuración, tratamiento, control y previsión de emisiones a la atmósfera suponen una barrera a las opciones de reducción en origen, ya que la tendencia previsible hace suponer que los requisitos de protección vayan incrementando sus exigencias en relación a los rendimientos de captación y retención de las sustancias presentes en las corrientes de gases o en las emisiones fugitivas.

- En el caso de las cenizas procedentes de la depuración de procesos térmicos a alta temperatura, las necesidades de eliminación de otros contaminantes atmosféricos conllevan la aplicación por pulverización de agentes sólidos (como es el caso de carbonato cálcico en los procesos de generación eléctrica) que favorezcan la precipitación de dichas partículas y cenizas. Esto supone que los volúmenes de material recogidos sean importantes. En general las tecnologías requeridas en dichos procesos suelen ser de implantación costosa y de elevado consumo de reactivos, por lo que la dosificación suele optimizarse. Por ello, las oportunidades de reducción son limitadas. Con relación a la incorporación de nuevos desarrollos tecnológicos más eficientes respecto al consumo de aditivos o la precipitación de las cenizas, pueden presentarse como barreras:
 - Amortización parcial de las tecnologías existentes (que pueden conllevar un retraso en las posibilidades económicamente viables para su aplicación)
 - Modificaciones en los procesos productivos de relativa complejidad
 - Proceso de instalación que interfieran significativamente con los procesos productivos.

Otro factor que introduce un cierto grado de dificultad en el control de la reducción es la existencia de una limitada variabilidad de los combustibles empleados en cada tipo de proceso (en el caso de la generación de energía carbón, gasóleos, etc.) por lo que los cambios en las características de estos combustibles puede influir en el volumen de residuos de cenizas obtenidos.

- Por lo que respecta a las partículas y el polvo procedentes de otros procesos de tratamiento de gases, las barreras a la reducción se relacionan con el nivel de exigencia en los rendimientos de tratamiento de captación en relación a la protección a la atmósfera. Esto redundarían unos límites de emisión más estrictos y tecnológicas más eficientes con lo que el material retenido resultante deberá aumentar incorporándose a las corrientes de residuos de partículas y polvo. Las soluciones deben de buscarse en los procesos que generan las partículas y polvo.

Condicionantes a la gestión en relación a la calidad del residuo

- Las cenizas procedentes de la depuración de procesos térmicos a alta temperatura, se generan en procesos que suponen una destrucción controlada de los componentes de carácter orgánico. Los sectores que suponen un mayor volumen de este tipo de residuos están ligados a la generación de energía en los que la tipología y características de las cenizas obtenidas a partir de diferentes tipos de combustibles está ampliamente documentada y establece su carácter no peligroso.

- En relación a las partículas y el polvo relacionados con procesos de carácter mecánico, hay que considerar las limitaciones que se pudiesen derivar por la introducción de compuestos provenientes del desgaste de los útiles de trituración y molienda durante dichas operaciones.
- Las partículas y el polvo procedentes de otros procesos de tratamiento de gases, debido a la relativa diversidad de sectores, procesos y tecnologías de depuración que pueden estar representadas, en los códigos LER respectivos, pueden suponer que las partículas y polvo recogidos contengan sustancias y compuestos en niveles de concentración que superen los umbrales establecidos para su inclusión en las opciones de valorización disponibles. Por tanto pueden presentar restricciones a los aspectos en los que pueden ser reutilizados o bien requerir un tratamiento previo destinado a la extracción, reducción o eliminación de dichos componentes peligrosos.

Estos condicionantes deben ser tenidos en cuenta no de una forma excluyente, sino en relación a las características de los procesos de reutilización en que van a ser integrados las cenizas, partículas o polvo. Aquellas técnicas de reutilización que supongan un uso extensivo de estos residuos como materias primas presentaran unas condiciones de empleo más restrictivas.

Oportunidades de Gestión y Valorización

- Utilización como aditivos reciclados de materias primas en construcción.
Entre los sistemas de reutilización de cenizas más consolidados hay que considerar su empleo como aditivos en los procesos de fabricación de cementos y hormigones. La Instrucción del Hormigón Estructural (EHE-08) mantiene criterios de empleo de cenizas como aditivo reciclado estableciendo límites máximos entre el 20 y el 35% según la aplicación.
- Desarrollo de productos innovadores para la construcción. Existen desarrollos de nuevos materiales de construcción a partir de cenizas de combustión que además de permitir su reutilización incorporan características tecnológicas del producto obtenido. Es el caso del empleo en prefabricados de Hormigón Aligerado reforzado con fibras y curado en autoclave. Este material aporta unas excelentes características en relación a ligereza, aislamiento y resistencia al fuego.
Se han desarrollado productos (por ejemplo "FlexCrete") fabricados a partir de este tipo de materiales a partir de altos porcentajes de cenizas volantes que permiten la aplicación del proceso de curado a temperaturas reducidas y condiciones ambiente, y que permite la utilización de componentes reciclados de hasta el 60 %.
- Empleo en infraestructuras de transporte para la estabilización de terraplenes y capas de firmes.

Está ampliamente extendido y documentado el empleo a nivel mundial de cenizas volantes para la estabilización de suelos expansivos o geotécnicamente inadecuados, donde pasan a sustituir a otros aditivos como caliza o cemento portland.

- Empleo como préstamos para rellenos de tierras. Especialmente en el caso de las cenizas de combustión de carácter no peligroso se han empleado (Dinamarca, España) estos materiales para la realización de rellenos en donde las características geoquímicas de las cenizas son compatibles con el ambiente en que van ser depositados (ambientes marinos en zonas portuarias o industriales). Aplicaciones controladas equivalentes en medio terrestres podrían ser estudiadas (de forma específica y siempre sujetas a autorización caso a caso) en el ámbito de localizaciones particulares en las que las formaciones geológicas presentes tuviesen un fuerte carácter yesífero o salino.

Ficha nº 11

RESIDUOS LÍQUIDOS Y ACUOSOS

LER	040104	040105	070101*	070201*
	070301*	070401*	070501*	070601*
	070701*	080120	080203	080308
	080416	090102*	090104*	090105*
	090113*	110111*	110112	161001*
	190106*	190404	190603	190605
	190702*	190807*	191103*	191307*
	191308			

Descripción

Este grupo de códigos LER incluye a los efluentes y licores residuales procedentes de diferentes procesos industriales, tratamientos o depósitos de residuos.

Los efluentes objeto de esta ficha poseen contaminantes muy variados y por su naturaleza, concentración o caudal hacen que esas aguas residuales demanden un tratamiento antes de su vertido o reutilización. A diferencia de las aguas residuales domésticas, los efluentes industriales o con presencia de sustancias tóxicas/peligrosas contienen con frecuencia sustancias que no se eliminan por un tratamiento convencional, bien por estar en concentraciones elevadas o por su naturaleza química. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han detectado son objeto de regulación especial debido a su toxicidad o efectos biológicos a largo plazo.

Oportunidades de reducción

Debido a la variedad de los orígenes y procesos que pueden generar estos efluentes, existe una amplia tipología de actuaciones, cuya finalidad es reducir la cantidad o mejorar la calidad del residuo. Para los diferentes procesos englobados en los sectores industriales (papelera, textil, curtidos, petroquímica, etc.) y en los que se consume agua o se genera efluentes, existen una amplia tipología de herramientas de gestión específicas.

Como norma general, se recomienda reducir todo consumo de agua en procesos y actividades auxiliares. Para no incrementar la conductividad del vertido, hay que dar preferencia a todas aquellas técnicas que, además de reducir el consumo de agua, producen una reducción o recuperación del arrastre; y evitan la utilización de sustancias no biodegradables, tóxicas o contaminantes siempre que dicha opción sea posible.

Por ejemplo, en el sector de tratamiento de superficies metálicas y plásticas, con la implantación de un enjuague estático de recuperación, podemos reducir hasta el 20% las necesidades de enjuague posteriores, recuperando el 70-80% del arrastre que es, en definitiva, el responsable de la presencia de sales en las aguas a depurar.

Cuando sea técnicamente factible, es recomendable utilizar técnicas de circuito cerrado priorizando las técnicas para la sustitución y/o control de sustancias peligrosas.

Oportunidades de Reciclaje

La totalidad de los residuos incluidos en la presente ficha deberán recibir uno o varios de los tratamientos definidos a continuación, para poder reutilizarlos, ya sea en procesos de la industria o de donde proceden o en otros usos (agrícolas, urbanos, industriales, ambientales o recreativos).

El adecuado tratamiento de este tipo de efluentes y licores y su posterior reutilización para múltiples usos, contribuye a un consumo sostenible del recurso hídrico y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y sus ecosistemas; sin olvidar que el agua es una materia prima crítica para la industria.

Los requerimientos de calidad cumplirán siempre con lo establecido en el REAL DECRETO 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Los tratamientos a los que se deben someter los efluentes tienen que garantizar la eliminación o recuperación de la contaminación en el grado requerido por la legislación que regula el vertido del efluente o para garantizar las condiciones mínimas del proceso en caso de reutilización o recirculación de la corriente para uso interno.

Distinguiremos entre los siguientes tratamientos:

- Tratamientos para la eliminación de materia en suspensión
 - Desbaste: es una operación en la que se trata de eliminar sólidos de mayor tamaño que el que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. Los equipos que se suelen utilizar son rejillas o tamices.
 - Sedimentación: operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad que hace que una partícula más densa que el agua tenga una trayectoria descendente. La forma de los equipos donde se lleva a cabo la sedimentación es variable: rectangulares, circulares o lamelares.
 - Filtración: es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. Los sistemas de filtración pueden ser por gravedad, o por presión.
 - Flotación: operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas, que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. En el tratamiento de efluentes industriales, se suelen utilizar dos sistemas de flotación: uno por aire disuelto y otro por aire inducido.
 - Coagulación- Floculación: En los casos en que exista materia en suspensión de muy pequeño tamaño aparecen las suspensiones coloidales. Los coagulantes suelen ser productos químicos que

en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo debe ser favorecer la floculación.

- Tratamientos para la eliminación de materia disuelta
 - Precipitación: consiste en la eliminación de una sustancia disuelta indeseable, por adición de un reactivo (frecuentemente el calcio) que forma un compuesto insoluble con el mismo, facilitando así su eliminación por cualquiera de los métodos descritos en la eliminación de la materia en suspensión.
 - Procesos electroquímicos: están basados en la utilización de técnicas electroquímicas, haciendo pasar una corriente eléctrica a través del agua y provocando reacciones de oxidación-reducción tanto en el cátodo como en el ánodo. Las consecuencias de las reacciones que se producen pueden ser indirectas, como en el caso de la electrocoagulación, electroflotación o electrofloculación, donde los productos formados por electrolisis sustituyen a los reactivos químicos, y supone una alternativa con futuro a la clásica adición de reactivos
 - Intercambio iónico: es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente denominado resinas de intercambio iónico, que es capaz de retener selectivamente sobre su superficies iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los cede frente a una disolución con un fuerte regenerante. Son equipos versátiles y tienen altas capacidades de tratamiento.
 - Adsorción: consiste en la captación de sustancias solubles en la superficie de un sólido. El sólido universalmente utilizado en el tratamiento de aguas es el carbón activo, tanto granular como en polvo. Es considerado un tratamiento de refinado, y por lo tanto al final de los sistemas de tratamiento más usuales, especialmente con posterioridad a un tratamiento biológico.
 - Desinfección: pretende la destrucción o inactivación de los microorganismos que puedan causar enfermedades, mediante diferentes tratamientos: físico, ácidos o bases, pero fundamentalmente se utilizan agentes oxidantes como el cloro o sus derivados.
- Tratamientos biológicos
 - Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos para llevar a cabo la eliminación de sustancias indeseables del agua aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes. Además permiten la eliminación de compuestos que contienen elementos nutrientes (N y P).
 - Sistemas aerobios: La presencia de O_2 hace que

este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen unos rendimientos energéticos elevados, provocando una importante generación de fangos debido al alto crecimiento de las bacterias.

- Sistemas anaerobios: se obtiene como producto de esta reducción el carbono en su estado más reducido, el CH_4 , y por tanto gas combustible para su aprovechamiento.
- Sistemas anóxicos: se denominan así los sistemas en los que la ausencia de O_2 y la presencia de nitrato hacen que este último elemento sea el aceptor de electrones, transformándose entre otros en N_2 , material completamente inerte.

Ficha nº 12

PRODUCTOS QUÍMICOS

LER 160506* 160507* 160508* 160509

Descripción

Se incluyen en esta categoría aquellos productos químicos desechados y de laboratorios, de diferente naturaleza, tanto orgánica como inorgánica.

Muchos de estos residuos tiene su origen en los laboratorios existentes en diferentes ámbitos (investigación, sanitario, industrial, etc.). A continuación se describen buenas prácticas para minimizar la producción de dichos residuos:

- Debe estudiarse la compra de materiales que generen menos residuos, o de menor peligrosidad. Esto repercutirá positivamente en la seguridad de las personas en contacto con los productos, con los posibles residuos producidos y en el coste de gestión. En especial, los laboratorios de docencia e investigación que utilicen productos químicos peligrosos deben estudiar, siempre que sea posible, la sustitución de los productos marcadamente tóxicos, por otros de menor toxicidad. Entre las opciones de sustitución más comunes se encuentran las siguientes:

Producto	Sustituto
acetonitrilo (C ₂ H ₃ N)	metanol o acetona
benceno	2,2-azinobis (3-etileno benzotiazolina ácido sulfónico) (ABTS), ciclohexano o tolueno
1,4 dioxano	tetrahidrofurano
clorhexidina	etanol o povidona yodada
compuestos cianurados	lauril sulfato sódico (SLS-Hb)
diaminobenzidina en polvo	diaminobenzidina
éter de petróleo	por etanol de 96°
peróxido de benzoilo	peróxido de hidrógeno al 30%
R12 y R22	gases que tengan efectos menos nocivos sobre la capa de ozono
tolueno	xilol
metanol	etanol

- La estandarización de los materiales, utilizando el menor número posible de productos para un mismo propósito, tiene grandes ventajas, ya que simplifica el control de los inventarios, reduce costes de compra y mantenimiento, mejora el seguimiento y la utilización de los productos, aumenta las posibilidades de reutilización y reciclado y reduce la cantidad de residuos a gestionar.

- Tener en cuenta la minimización de residuos en la adquisición de equipos e instalaciones nuevos. Cada vez que se adquiera un equipo o una instalación habrá que considerar aspectos como las necesidades de mantenimiento y limpieza, con sus costes asociados. El mantenimiento preventivo reduce la cantidad de residuos generados debido a averías y fugas, aumentando además la vida útil de los equipos.
- Desechar los productos sólo cuando haya finalizado su vida útil.

Oportunidades de reutilización

Debido a que es imprescindible realizar una correcta gestión de los residuos químicos, tanto desde el punto de vista técnico como en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, la tarea inicial previa al reciclaje debe consistir en una correcta identificación, clasificación y segregación de los mismos; ya que existen entre éstos residuos productos tóxicos, inflamables, peligrosos, no peligrosos, etc.; cuya manipulación requiere unos procedimientos concretos.

Se clasificarán los residuos químicos, de la siguiente manera:

- Residuos no peligrosos
- Residuos peligrosos: que a su vez engloban los combustibles, los no combustibles, los residuos biológicos, y los explosivos.

Tras la clasificación se estudiarán los siguientes factores:

- Volumen de residuos generados
- Periodicidad de generación
- Facilidad de neutralización
- Posibilidad de recuperación
- Coste del tratamiento y de otras alternativas
- Valoración del tiempo disponible

Dentro de las oportunidades de reutilización, existen dos fases:

- Recuperación: este procedimiento consiste en efectuar un tratamiento al residuo que permita recuperar algún o algunos elementos o sus compuestos que su elevado valor o toxicidad hace aconsejable no eliminar. Es un procedimiento especialmente indicado para los metales pesados y sus compuestos.
- Reutilización-reciclado: una vez recuperado un compuesto, la solución ideal es su reutilización, tras someterlo a un proceso de regeneración o el reciclado.

A continuación se adjuntan ejemplos de preparación para reutilización o reciclaje de productos químicos:

- Mercurio metal: aspirar, cubrir con polisulfuro cálcico y recuperar.
- Mercurio compuestos: disolver y convertir en nitratos solubles y posteriormente precipitarlos como sulfuros.
- Arsénico, bismuto y antimonio: disolver en HCl y diluir hasta redisolución. Saturar con sulfhídrico, filtrar, lavar y secar.

- Selenio, telurio: disolver en HCl, adicionar sulfito sódico, calentar, dejar en reposo, filtrar y secar.
 - Plomo, cadmio: añadir HNO₃, evaporar, añadir agua y saturar con H₂S. Filtrar y secar.
 - Berilio: disolver en HCl, neutralizar, filtrar y secar.
 - Estroncio, Bario: disolver en HCl, neutralizar, precipitar, filtrar, lavar y secar.
 - Vanadio: añadir Na₂CO₃ en una placa de evaporación, añadir HN₄OH, añadir hielo y dejar reposar. Filtrar y secar
- Xilol y etanol: se pueden reutilizar si previamente se someten a un tratamiento de regeneración que consiste en una destilación, que puede realizarse en el mismo laboratorio o centro donde se utilice.

Ficha nº 13

RESIDUOS VALORIZABLES POR RECICLADO O RECUPERACIÓN DE SUSTANCIAS ORGÁNICAS, FORMACIÓN DE ABONO Y TRANSFORMACIÓN BIOLÓGICA

LER	020304	020501	020601	020702
	020703	020704	030202*	030308
	040209	070107*	070108*	070207*
	070208*	070307*	070308*	070407*
	070408*	070507*	070508*	070607*
	070608*	070707*	070708*	140601*
	160708	160709*	190502	190503

Descripción

Dentro de los códigos de residuos de esta ficha, se agrupan por compartir tipología de operaciones de valorización. Son residuos No Peligrosos y Peligrosos (algunos halogenados) que se originan principalmente en:

- Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; residuos de la preparación y elaboración de alimentos.
- Residuos de procesos químicos orgánicos.
- Residuos del tratamiento de la madera, de la industria del reciclado del papel y cartón, de la industria textil, Clorofluorocarburos, HCFC, HFC, residuos de limpiezas de cisternas y cubas, y Compost fuera de especificación.

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- Correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos aumentarán las posibilidades de reutilización o valorización.

Oportunidades para el reciclado o recuperación

En esta agrupación aparecen tanto residuos no peligrosos como peligrosos. Estos últimos se consideran peligrosos para la salud o para el medio ambiente. Son sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas o pueden producir reacciones químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas.

Por ello la primera medida a llevar a cabo es aplicar el tratamiento (físico, químico, térmico o biológico) necesario para transformar el residuo en no peligroso o bien en menos peligroso a efectos de hacer más seguras las condiciones almacenamiento, transporte o eliminación final.

Fundamentalmente se pueden citar las siguientes opciones de reciclado o recuperación

- Referente a los residuos procedentes de diversas industrias de elaboración de alimentos (entre ellas, láctea, repostería, bebidas), corresponde a restos de materia prima y producto que por sus características no pueden ser reintroducidos en el proceso. Los principales tratamientos de reciclado son los siguientes:
 - Producción de compost. Es un proceso bioxidativo controlado (humedad, aireación y temperatura) con obtención de un material orgánico estable y exento de patógenos utilizable como enmienda orgánica en agricultura. Los residuos de los sectores industriales mencionados presentan, normalmente, características idóneas para ser compostados (mayoritariamente materia orgánica con un alto grado de biodegradabilidad, bajos contenidos de metales pesados y de sustancias orgánicas de naturaleza tóxica).
 - Elaboración de piensos para alimentación animal a través de un proceso de secado y prensado.
 - Producción de metano mediante digestión anaerobia (en función de la composición del residuo) en fermentadores o digestores para producción de energía eléctrica y de energía térmica. La tecnología de biometanización de los residuos sólidos es una tecnología madura con posibilidad de ser aplicada a cualquier tipo de fracción orgánica independientemente de su origen. Posterior a la biometanización se suelen aplicar procesos de compostaje para ser utilizado en agricultura.
 - Obtención de compuestos de alto valor añadido. Algunos residuos contienen sustancias (azúcares, ácidos orgánicos, sustancias colorantes, proteínas, aceites y vitaminas, etc.) pueden ser de interés en las industrias alimentaria, farmacéutica, química y cosmética. Por ejemplo la extracción de aceites esenciales del flavedo de los cítricos, empleados para aromatizar, extracción de terpenos que tienen numerosas aplicaciones en la industria química, recuperación de lactoproteínas de los sueros lácteos residuales, extracción de los flavonoides hesperidina y naringina de la corteza de cítricos, empleados en la industria farmacéutica, aprovechamiento de carotenoides para la mejora de la coloración de bebidas refrescantes, extracción de licopeno de los tomates maduros, para su uso como colorante alimentario o en el campo de la medicina.
- Respecto a los residuos peligrosos que presentan contaminantes orgánicos persistentes (COPs), dentro de los que se encuentran los halogenados incluidos en la presente tabla es conveniente la aplicación de tratamientos previos a su eliminación, como la Adsorción y absorción (concentrar contaminantes y separarlos de desechos no

peligrosos). Es posible que el concentrado y el adsorbente o absorbente necesiten ser tratados antes de su eliminación, Desechación (proceso que elimina parte del agua de los desechos. Según el tipo de contaminante, los vapores resultantes pueden requerir condensación o depuración y recibir tratamiento ulterior), Separación mecánica y/o Reducción del tamaño, Ajuste del pH. (Algunas tecnologías de tratamiento alcanzan su máxima eficacia por encima de un determinado intervalo de pH).

Las operaciones disponibles para la destrucción y la transformación irreversible ambientalmente racional del contenido de COP en los desechos son:

- Reducción por metal alcalino que supone el tratamiento de desechos con metales alcalinos dispersos que reaccionan con el cloro en los desechos halogenados produciendo sales y desechos no halogenados. Normalmente, se realiza el proceso a presión atmosférica y a temperaturas de entre 60°C y 180°C. El agente reductor más comúnmente utilizado es el sodio metálico.
- Descomposición catalizada por bases (DCB), tratamiento de desechos en presencia de o mezcla de reactivos que incluye aceite donante de hidrógeno, hidróxido de un metal alcalino y catalizador patentado. Cuando la mezcla se calienta a más de 300°C, el reactivo produce hidrógeno atómicamente reactivo. El hidrógeno atómico reacciona con el desecho eliminando los constituyentes que aportan la toxicidad a los compuestos.
- Hidrodecloración catalítica (HDC) que supone el tratamiento de desechos con gas hidrógeno y catalizador de paladio sobre carbono (Pd/C) disperso en aceite de parafina. El hidrógeno reacciona con el cloro del desecho halogenado para producir cloruro de hidrógeno (HCl) y desecho no halogenado. En el caso de los PCB, el principal producto es el bifenilo. El proceso se desarrolla a presión atmosférica y temperaturas comprendidas entre 180° C y 260° C.
- Reducción química en fase gaseosa (RQFG) entraña la reducción termoquímica de compuestos orgánicos. A temperaturas superiores a los 850°C y a bajas presiones, el hidrógeno reacciona con los compuestos orgánicos clorados para formar principalmente metano y cloruro de hidrógeno.
- Reacción de decloración fotoquímica (DFQ) y reacción de decloración catalítica (DC). La DFQ y DC son tecnologías que utilizan métodos combinados de reacción de decloración fotoquímica (DFQ) y reacción de decloración catalítica (DC). Cada proceso se desarrolla a temperatura moderada (<75°C) y a presión atmosférica. Una vez que los PCB se han declorado, se producen bifenilo, cloruro de sodio, acetona y agua, pero no se producen gases tales

como el hidrógeno o el ácido hidroclórico.

- Oxidación en agua supercrítica (OASC) y oxidación en agua subcrítica, que tratan residuos en un sistema cerrado y utiliza un oxidante (como oxígeno, peróxido de hidrógeno, nitrito, nitrato, etc.) en agua a temperaturas y presiones por encima del punto crítico del agua (374°C y 218 atmósferas) y por debajo de condiciones subcríticas (370°C y 262 atmósferas). En estas condiciones, los materiales orgánicos se encuentran muy solubles en agua y se oxidan para producir dióxido de carbono, agua y sales o ácidos inorgánicos.
- Para los residuos de la industria del reciclado del papel y cartón, y de la industria textil incluidos se emplean procesos físicos de separación y en mesas densimétricas se separa la fracción metálica y la fracción plástica. Se obtienen metales y plásticos diversos (PE, ABS, PVC) con destino a refinadores de metales y productores de plásticos.
- Aquellos residuos que admiten su valorización energética. A los efectos del tratamiento térmico de residuos, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo. Excepcionalmente podrá autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones en el Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015). Estos procedimientos de valorización se describen en las fichas nº 12 y 13.

En aquellos casos en los que se hayan agotado las vías anteriores en la jerarquía de residuos, podrá acudir a otro tipo de valorización distinta del reciclado.

Ficha nº 14

RESIDUOS DE SUSTANCIAS QUÍMICAS ORGÁNICAS

LER	020109	030201*	030202*	030203*
	030204*	030205*	030299	160306
	161101*	161102	161103*	161105*
	170410*	170411	170603*	170604
	190501	190801	190901	

Características sobre las que actuar para su reducción / Descripción / Origen

Dentro de los códigos de residuos de esta ficha, se agrupan por compartir tipología de operaciones de valorización. Se originan principalmente en:

- Tratamientos de conservación de la madera
- Residuos de revestimientos de hornos y de refractarios
- Dentro de los Residuos de la construcción y demolición (como cables y materiales de aislamiento), de las diferentes plantas de tratamientos de residuos y aguas y agroquímicos.

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- Correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos aumentarán las posibilidades de reutilización o valorización.

Oportunidades para el reciclado o recuperación

En esta agrupación aparecen tanto residuos no peligrosos como peligrosos que requieren procesos de separación de fracciones para facilitar su reciclado o recuperación.

Fundamentalmente se pueden citar las siguientes opciones de separación:

- Referente a los residuos provenientes de los tratamientos de la madera para su conservación, existen procesos de filtrado por membranas o tamices que permiten la reutilización del producto, separando los restos de virutas y serrín que se gestionarán adecuadamente. Operaciones correctas de limpieza de la madera previa minimizarán dichos restos de serrín antes de tratamiento en cuba. Otra dirección para la minimización de este tipo de residuos es la sustitución por conservantes de menos peligrosidad.
- En el caso de los residuos de revestimientos y refractarios procedentes de diversos procesos, puede separarse

el contenido metálico mediante molturación y trituración. La reutilización de revestimientos refractarios usados suele tener un alto potencial de aprovechamiento interno (Formación de escoria inerte mediante fundición, utilización como componentes para prevenir vertidos de material fundido durante el proceso de fundición, Reciclado como parte del agente fundente para ajustar la composición de la escoria de fundición). Una vez inertizados los revestimientos y refractarios pueden reciclarse como materiales de relleno en el sector construcción. Mediante proceso térmico es posible, en función de las características específicas de cada residuo, la obtención de escorias para su utilización en obra pública.

- Respecto a los residuos procedentes de la construcción y demolición, mediante procesos físicos de separación (por ejemplo, en el caso de los cables, tras clasificación, se trocean en una trituradora y en mesas densimétricas se separa la fracción metálica y la fracción plástica) se obtienen gránulos de cobre o con contenido en metales preciosos, plomo, hierro, etc., y plásticos diversos (PE, ABS, PVC) con destino a refinadores de metales y productores de plásticos.
- Los residuos incluidos en esta ficha que pertenecen al epígrafe 19 “Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos, de las plantas externas de tratamiento de aguas residuales y de la preparación de agua para consumo humano y de agua para uso industrial” se reciclan o recuperan sustancias orgánicas (por ejemplo por gasificación), y por tratamientos mecánicos se recuperan otras materias inorgánicas (vidrio, plásticos, bricks, etc.).

Ficha nº 15

RESIDUOS DE METALES Y COMPUESTOS METÁLICOS CON COMPONENTES PELIGROSOS

LER	050701*	060313*	060315*	060403*
	060404*	060405*	090101*	090106*
	100207*	100211*	100308*	100309*
	100317*	100323*	100401*	100406*
	100505*	100606*	100808*	100905*
	100907*	101005*	101007*	101401*
	110116*	120116*	150111*	170409*
	170901*	191005*		

Origen

Dentro de los códigos de residuos peligrosos de esta ficha, residuos objeto de reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos, se agrupan principalmente según su origen:

- residuos originados en procesos térmicos como escorias, residuos de depuración de gases, machos y moldes de fundición.
- residuos originados tanto en la FFDU (Formulación, Fabricación, Distribución y Utilización) de sales y sus soluciones y de óxidos metálicos, como de productos fotográficos industria fotográfica
- Por último algunos Residuos de Construcción y Demolición (RCDs), envases y de las diferentes plantas de tratamientos de residuos y aguas

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- Correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos aumentarán las posibilidades de reutilización o valorización.

Oportunidades para el reciclado o recuperación

Estos residuos se consideran peligrosos para la salud o para el medio ambiente. Son sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas o pueden producir reacciones químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas.

Por ello la primera medida a llevar a cabo es aplicar el tratamiento (físico, químico, térmico o biológico) necesario para transformar el residuo en no peligroso o bien en menos peligroso a efectos de hacer más seguras las condiciones almacenamiento, transporte o eliminación final.

Una vez que se considere no peligroso se recomienda comprobar la ficha correspondiente a residuos con valorización por reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos (R4) de residuos no peligrosos.

Se pueden citar las siguientes opciones:

- En la mayor parte de los casos son necesarios tratamientos físicos con objeto de preparar el residuo (triturado, cribado, clasificación, recuperación magnética, etc.) que facilitan el reciclado y la reducción del “rechazo”.
- Procesos térmicos en diversas tipologías de hornos donde se funden y purifican. Los polvos de las acerías y fundiciones son alimentados a un horno waelz donde se producen las reacciones necesarias para separar los metales pesados, fundamentalmente zinc y plomo, escorias salinas tras etapas mecánica y pirometalúrgica, escorias de la producción primaria y secundaria, polvos de zinc de galvanizado que mediante fusión o destilación generan lingotes de zamak, óxido o polvo de zinc (para la industria del caucho, de cerámica) o lingotes de zinc.
- Procesos electrolíticos para la recuperación de metales en diferentes soluciones acuosas. La recuperación de la plata del baño de fijado, revelador y blanqueador se realiza electrolíticamente, haciendo pasar el baño entre dos electrodos entre los que circula una corriente eléctrica. Los aniones se oxidan en el ánodo y el catión de plata se reduce en el cátodo con un alto grado de pureza.
- Separación de fases eliminando o extrayendo el compuesto no metálico que confiere el carácter de peligroso. Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas, residuos del tratamiento del agua de refrigeración que contienen aceites.

Ficha nº 16

RESIDUOS DE METALES Y COMPUESTOS METÁLICOS NO PELIGROSOS

LER	020110	060316	090107	100201
	100202	100208	100210	100212
	100302	100304*	100305	100316
	100318	100324	100501	100601
	100701	100809	100814	100903
	100906	100908	101003	101006
	101008	101206	110501	120101
	120103	120117	170401	170402
	170403	170404	170405	170406
	170407	190102	191001	191002
	191006	191202	191203	

Origen

Dentro de los códigos de residuos de esta ficha, residuos metálicos no peligrosos, se agrupan principalmente según su origen:

- residuos originados en procesos térmicos como escorias, residuos de depuración de gases, machos y moldes de fundición.
- residuos originados tanto en el tratamiento químico, recubrimiento y mecanizado de superficies de metales
- Por último algunos residuos provenientes de la construcción y demolición (RCDs) y de las diferentes plantas de tratamientos de residuos y aguas.

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- Correcta clasificación y separación de los diferentes tipos de residuos aumentarán las posibilidades de reutilización o valorización.

Oportunidades para el reciclado o recuperación

Fundamentalmente se pueden citar las siguientes opciones para reciclar residuos metálicos:

- En la mayor parte de los casos son necesarias tratamientos físicos con objeto de preparar el residuo (triturado, cribado, clasificación, recuperación magnética, etc.) que facilitan el reciclado y la reducción del “rechazo” como: cobre, bronce, latón, hierro y acero, metales férricos, metales no férricos, metales mezclados, residuos

no férreos, otras fracciones, etc.

- Procesos térmicos en diversas tipologías de hornos donde se funden y purifican. A partir de escorias de fundición, escorias de 1ª y 2ª fusión de la termometalurgia del cobre, limaduras y virutas de metales, residuos de granallado o chorreado o matas de zinc (procedente de los baños de galvanizado) se produce óxido de zinc en horno rotativo de fusión y horno de destilación. Se valora en función de la presencia de zinc metálico (50%) y la ausencia de otros metales o sustancias, y se procede al refinado y producción de óxido de zinc.
- En el reciclado del aluminio mediante proceso pirometalúrgico, donde se introducen las virutas de aluminio en un horno de reverberación (tras triturado y lavado) donde se funde el aluminio y se forman lingotes o láminas de aluminio.
- Procesos electrolíticos para la recuperación de metales en diferentes soluciones acuosas. La recuperación de la plata del baño de fijado, revelador y blanqueador se realiza electrolíticamente. Los aniones se oxidan en el ánodo y el catión de plata se reduce en el cátodo a plata elemental con un alto grado de pureza.
- Material para obra civil. Las escorias de acería y los residuos de granallado o chorreado, se utilizan en firmes de carretera para áridos de capas granulares en bases y sub-bases y coronación de explanadas. También pueden ser utilizadas como áridos para mezclas bituminosas, morteros y hormigones.
- Industria cementera. Las escorias están siendo probadas como aporte de hierro, silicio y cal al horno rotativo en la fabricación de clinker.

Ficha nº 17

RESIDUOS PELIGROSOS VALORIZABLES COMO MATERIALES INORGÁNICOS

LER	050115*	060311*	060602*	060903*
	061002*	061301*	100118*	100403*
	101109*	101115*	101119*	101209*
	101312*	110198*	110207*	160303*
	160901*	160902*	160903*	160904*
	170106*	170204*	170503*	170507*
	170801*	170903*	191101*	

En este grupo de códigos LER recoge aquellos residuos de carácter inorgánico pero que presentan compuestos que les confieren la clasificación de residuos peligrosos. Las operaciones de valorización mediante las que pueden ser gestionados se fundamentan en las categorías R5 - “Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas” y, muy puntualmente, en las R7 - “Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación” o R1 - “Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía” del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.

En relación a su procedencia los códigos incluidos podemos agruparlos en los siguientes tipos de orígenes:

- Residuos inorgánicos que presentan compuestos peligrosos: cianuros, sulfuros, cromatos, etc.
- Residuos procedentes de la construcción y demolición con presencia de componentes peligrosos.
- Materias primas, mezclas preparadas o productos de filtración inorgánicos contaminados por compuestos peligrosos.
- Residuos de carácter inorgánicos vinculados a procesos de depuración de gases o de combustión.
- Residuos con componentes peligrosos indeterminados.

Estrategias de Gestión y Prevención

En la mayoría de estos residuos, especialmente en los de tipo indeterminado o los relacionados con los procesos de construcción es de especial importancia el aplicar buenas prácticas en relación a la prevención de aparición de componentes peligrosos asociados al flujo principal de residuos. De esta forma el objetivo se debe dirigir hacia la máxima reducción en las cantidades generadas favoreciendo la segregación de los componentes peligrosos y el flujo principal de residuos que pudiese actuar como matriz o soporte de estos compuestos. Así, en estos casos cuando las categorías LER presenten códigos “espejo” se tratara de favorecer aquellas buenas prácticas por las que la cantidad de residuos generados se desplace hacia el término que recoge la tipología de residuos no peligrosos o inertes (en su caso).

RESIDUOS INORGÁNICOS INERTES DE PROCESOS DE FABRICACIÓN

El tratamiento de estos residuos debe considerar el pretratamiento para segregar los componentes de la fracción inorgánica del residuo favoreciendo la reducción de las cantidades de residuos peligrosos y su transformación en residuos no peligrosos o inertes con mayor potencial de reutilización o reciclado. Entre las técnicas de pretratamiento para la retirada de sustancias peligrosas se pueden mencionar:

- Tratamiento de cianuros por oxidación, catalizada con cobre mediante, peróxido de hidrogeno en medio alcalino. En segunda etapa de produce la hidrólisis a bajo pH del cianato resultante de la oxidación.
- Tratamiento de cianuros mediante oxidación con SO₂ (proceso INCO) en dos etapas: etapa de alto pH y etapa de bajo pH.
- Destrucción de cianuros mediante dióxido de cloro en hidrociclón con inyección de gas (GSH).
- Destrucción de cianuros por fotólisis con rayos ultravioleta.
- Destrucción de cianuros con ozono en reactor de agitación discontinua.
- Regeneración de cianuro mediante proceso SART (sulfidización – acidificación – reciclado – espesado).

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN CON COMPONENTES PELIGROSOS

En el caso de los residuos de construcción y demolición la aparición de estas tipologías se ve motivados por las condiciones de generación en las que influyen los siguientes factores:

- Generación puntual y en cantidades reducidas.
- Génesis heterogénea con aparición de múltiples compuestos.
- Dispersión de los puntos de generación.
- Discontinuidad y temporalidad de los centros de trabajo que actúan como puntos de generación.
- Limitación de espacio, tiempo y periodos para recuperar inversiones que dificultan la introducción de tecnologías de depuración y tratamiento.
- Sistema de Gestión del proceso productivo con participación de empresas subcontratistas especializadas con la consiguiente dispersión sobre las estrategias de identificación y gestión.
- La consideración en los proyectos de construcción como actividades de gestión a cargo del constructor lo que dificulta su planificación y la previsión de medios económicos para la selección de las estrategias de gestión técnica y ambientalmente optimas (predominio de las opciones económicamente menos gravosas).

Las acciones de prevención en los procesos de construcción y de demolición deben considerar el fomento de buenas prácticas para maximizar la separación de componentes peligrosos pudiendo requerirse la incorporación de tecnologías para la segregación, separación o pretratamiento de componentes peligrosos.

Un factor indirecto que influye como barrera a la introducción de estas prácticas (incorporación de tecnologías de separación y pretra-

tamiento, sustitución de componentes peligrosos en construcción) está relacionada con los procesos de planificación (diseño de proyecto y proceso de contratación), ya que la no inclusión detallada, por parte del promotor (público o privado) de estas buenas prácticas y tareas de minimización dentro del proyecto y del proceso de selección económica de propuestas (externalizando estos conceptos en relación al proceso de valoración económica) las suelen dificultar su posterior adopción.

Este factor es de relevancia en la adopción de medidas de prevención mediante la sustitución en los procesos de construcción de materias primas con componentes peligrosos por otros de carácter inocuo o de menor peligrosidad.

Igualmente, esta circunstancia, es de especial influencia en la aparición imprevista de residuos de construcción con componentes peligrosos como es el caso de los residuos procedentes de acciones de dragado en obras en el ámbito fluvial o la aparición de suelos contaminados asociados a procesos de excavación durante el movimiento de tierras.

Dicha aparición imprevista suele relacionarse con que en la fase de diseño no incluía, en su alcance, su caracterización y en consecuencia no se han podido adoptar actuaciones de prevención y tratamiento que provocan que flujos inicialmente reutilizables o reciclables de residuos que tenían carácter inerte no pueden ser aplicados en dichas funciones.

Otro factor, vinculado al proceso de producción, de generación imprevista de residuos de construcción con sustancias peligrosas se relaciona con la falta de rigor (bien por la empresa contratista o de las subcontratistas) en la adopción de buenas prácticas en relación al mantenimiento y manipulación de los equipos de construcción que provoca derrames o vertidos que llegan a constituir los componentes peligrosos en el residuo de construcción.

PRODUCTOS DE FILTRACIÓN INORGÁNICOS

El tratamiento de productos de filtración (arcillas) usados puede abordarse mediante tecnologías de recuperación de los compuestos que los contaminan permitiendo su reutilización. Entre estos métodos de recuperación se pueden citar:

- Regeneración con etanol líquido: permite la extracción de contaminantes orgánicos polares del petróleo.
- Extracción de aceites mediante arrastre con vapor y agua caliente.
- Lavado a alta temperatura con disoluciones alcalinas para la extracción de ácidos grasos.

Ficha nº 18

RESIDUOS NO PELIGROSOS VALORIZABLES COMO MATERIALES INORGÁNICOS

LER	020402	040102	050114	050604
	050702	060314	060603	060902
	060904	061101	080201	100105
	100119	100126	101116	101120
	101210	101304	101313	120113
	160304	170302	170802	170904

En este grupo de códigos LER se incluyen un conjunto de categorías que presentan como características comunes el presentar carácter no peligroso y ser sustancias de carácter inorgánico, pudiendo ser tratados mediante operaciones de valorización que se pueden englobar mayoritariamente en la categoría R5 - "Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas" del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.

Entre las tipologías, de los residuos de estos códigos, podemos destacar las siguientes:

- Residuos de carácter inorgánicos vinculados a procesos de depuración de gases o de combustión, entre los que cabe destacar los residuos de gases de desulfuración o yesos de desulfuración (por a su progresivo aumento en la cantidad en su generación vinculada a los requisitos de depuración de gases).
- Residuos inorgánicos de carácter cálcico.
- Residuos procedentes de la construcción y demolición mezclados.
- Residuos relacionados con procesos de refrigeración y tratamiento de efluentes.

Oportunidades de Gestión y Reutilización

- Residuos de depuración de gases y residuos inorgánicos cálcicos
La generación de estos residuos se vincula a aquellos procesos de depuración de gases en los que es preciso la aplicación de un agente (por vía húmeda o seca) para la precipitación de los contaminantes presentes en la corriente gaseosa, o bien en procesos de reacción química de carácter cálcica para la reducción de emisiones de compuestos de azufre con la precipitación de yeso artificial. Las buenas prácticas para la minimización se fundamentan, al igual que en otros casos, en la correcta dosificación de los agentes de reacción de los procesos de depuración o de los procesos de reacción. Los componentes de carácter cálcico de este tipo de residuos favorecen su aplicación en procesos de reutiliza-

ción y reciclado en los que se precisa este tipo de agentes en procesos de estabilización o neutralización, así como en la incorporación de diferentes procesos de fabricación donde pueden ser productos sustitutivos de la caliza. Entre los en los que potencialmente se puede emplear como sustitutivo de la caliza se pueden mencionar:

- Incorporación como aditivos en los procesos de fabricación de cemento.
- Aditivo en procesos de neutralización de ácido clorhídrico y control de la aparición de gases ácidos (plantas de producción de aluminio, plantas de combustión o incineración de residuos).
- En combinación con carbón activado como agente para el control de emisiones de mercurio.
- Empleado como hidróxido sódico como agente para el tratamiento (estabilización, precipitación y neutralización de contaminantes) de aguas residuales orgánicas, industriales y de procesos del petróleo.
- Control de la contaminación difusa por exceso de nutrientes (fósforo y nitrógeno) asociada a residuos de origen animal (estiércol, purines, gallinazas, etc.)

Otro de los residuos que presentan potenciales aplicaciones para su reciclado y valorización son los compuestos de yesos de desulfuración.

Este tipo de compuestos, en función del proceso originario, pueden llegar a presentar una mineralogía equivalente a la de los yesos naturales pero de origen sintético. La similitud química permite la aplicación de los yesos de desulfuración como materia prima (valorización inorgánica) en los campos de aplicación del yeso de origen natural. Las aplicaciones que se están desarrollando para este tipo de productos incluyen:

- Aplicación como enmienda para favorecer procesos agrícolas en suelos salinos y con altas concentraciones de sodio y magnesio intercambiable.
 - Control de los procesos de pérdida de suelos agrícolas salinos (modificación de los patrones de infiltración, recarga y escorrentía).
 - Utilización como componente para la fabricación de prefabricados ligeros de construcción.
 - Materia prima para materiales de construcción de yeso.
 - Como materia prima de relleno en procesos de fabricación de papel, plásticos o farmacéuticos.
 - Aplicación en rellenos o pantallas reactivas para el control de aguas ácidas (minería, etc).
- Residuos procedentes de la construcción y demolición mezclados.
Tal como se comenta en la ficha nº 19, las condiciones de producción presentes en los procesos de construcción y demolición pueden suponer barreras para la implanta-

ción de buenas prácticas de gestión, prevención y minimización de la generación de residuos, que se ven influidas por los siguientes factores:

- Generación puntual y en cantidades reducidas.
- Génesis heterogénea con generación de múltiples compuestos.
- Dispersión de los puntos de generación.
- Discontinuidad y temporalidad de los centros de trabajo en que se localizan dichos puntos de generación.
- Limitación de espacio.
- Sistema de Gestión del proceso productivo: dispersión sobre las estrategias de identificación y gestión (participación de empresas subcontratistas).

Esta circunstancia es especialmente relevante en la generación de residuos de construcción mezclados en los que es fundamental orientar las actuaciones a favorecer las buenas prácticas para evitar dichos procesos de mezcla y poder dirigir los flujos de residuos hacia otras categorías en las que se pueden aplicar acciones de reciclado. Otro foco de generación de residuos de construcción mezclados tiene lugar en los procesos de demolición en lo que la generación inicial del residuo ya implica la presencia de componentes mezclados.

En dicho caso las buenas prácticas para maximizar la separación de componentes durante el proceso de demolición deben combinarse con las tecnologías existentes para la segregación y separación de materiales en los puntos de demolición (como por ejemplo separación de armaduras metálicas en hormigones). En determinados casos puede ser necesaria la incorporación de labores de separación y segregación de carácter manual.

Uno de los factores indirectos, de gran influencia, en la introducción de estas prácticas y la incorporación de tecnologías de separación viene determinada por la fase de planificación. La no consideración detallada e inclusión, por parte del promotor (público o privado) de estas buenas prácticas y tareas de minimización dentro del proyecto suelen dificultar su adopción posterior.

En consecuencia queda limitada la posibilidad de su aplicación efectiva por parte de contratistas y subcontratistas o del alcance de su exigencia por parte de la dirección de obra o facultativa.

Habitualmente estas prácticas han quedado circunscritas a la responsabilidad asignada a los contratistas y subcontratistas en relación al cumplimiento legal y al no estar definidos los recursos para la realización de acciones de reutilización y tratamiento para favorecer el reciclado estas prácticas suelen verse desplazadas por sistemas de gestión finalista de menor repercusión económica.

Ficha nº 19

RESIDUOS INERTES VALORIZABLES COMO MATERIALES INORGÁNICOS

LER	101110	101201	101301	101310
	101311	161104	161106	191302

En este grupo de códigos LER se incluyen un conjunto de categorías que presentan como características comunes el presentar carácter inerte y consistir fundamentalmente en sustancias de carácter inorgánico. Esta características les confieren la aptitud para poder ser tratados mediante operaciones de valorización que se pueden englobar en la categoría R5 - "Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas" del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.

En relación a su procedencia los códigos incluidos podemos agruparlos a tres fuentes principales:

- Residuos de carácter inorgánicos no metálicos vinculados a procesos térmicos de fabricación de las industrias del vidrio, cerámica y materias primas de construcción (cemento, cal o yeso).
- Residuos inorgánicos no metálicos resultantes del desmantelamiento al final de su vida útil relacionados con elementos de fabricación en procesos térmicos (revestimientos de hornos y revestimientos refractarios).
- Residuos inorgánicos resultantes de la aplicación de técnicas de tratamiento y descontaminación de suelos.

Oportunidades de Gestión y Reutilización

Las características de ser materiales inorgánicos y tener inerte confiere a los materiales incluidos en estos LER una alta aptitud para la reutilización, lo que en muchos casos ya suelen ser prácticas de aplicación industrial en los sectores en los que se generan.

RESIDUOS INORGÁNICOS INERTES DE PROCESOS DE FABRICACIÓN

Los residuos de carácter inerte de este conjunto de procesos suelen ser materias primas o preparados de materias primas mezcladas en procesos previos a la cocción. En este tipo de procesos la reutilización de los residuos inertes suele tener carácter interno mediante alimentación, adecuadamente acondicionada (mediante trituración o molienda si es necesario) y dosificada para prevenir la entrada de impurezas, al flujo de materias primas empleadas en el proceso de fabricación.

REVESTIMIENTOS DE HORNOS Y REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS

La generación de residuos de revestimientos de horno y revestimientos refractarios está asociada a la vida útil de dichas instalaciones. Su generación puede verse minimizada mediante la aplicación de buenas prácticas de utilización que permitan prolongar al máximo

dicha vida útil y que se pueden sintetizar en:

- Ejecución cuidadosa del revestimiento refractario del horno.
- Evitar las fluctuaciones de temperatura en el horno mediante la programación de un uso constante.
- Reducir el tiempo de aplicación de los agentes fundentes.
- Evitar la utilización de agentes fundentes agresivos.
- Buenas prácticas en la limpieza y mantenimiento del horno.
- Control del grado de agitación en el horno.

Los revestimientos refractarios usados suelen tener un alto potencial de aprovechamiento interno. Es frecuente su reutilización interna en los siguientes procesos:

- Formación de escoria inerte mediante fundición.
- Utilización como componentes para prevenir vertidos de material fundido durante el proceso de fundición.
- Reciclado como parte del agente fundente para ajustar la composición de la escoria de fundición (por ejemplo en la siderurgia del cobre o del níquel)

Los revestimientos refractarios usados pueden ser aprovechados como materia prima para actividades de construcción, como es en la fabricación de cemento u hormigón.

RESIDUOS DEL TRATAMIENTO Y DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS

La generación de materiales inertes resultantes del tratamiento de suelos supone que los objetivos de descontaminación se han logrado satisfactoriamente. Esta prevención en la generación de residuos a partir del suelo puede sintetizarse en tres tipos de actuaciones:

- Tratamientos de descontaminación in-situ que permiten la remediación del suelo sin su extracción.
- Tratamientos de descontaminación con extracción del suelo que permiten su remediación sin destruir la estructura y textura biológica del suelo. En este caso la prevención se fundamentaría en la reposición en el emplazamiento de extracción.
- Tratamientos de descontaminación con extracción del suelo que supone su transformación (ocurre cuando un tratamiento sin destrucción de la estructura y textura biológica del suelo puede no permitir alcanzar objetivos de descontaminación hasta niveles inertes). En este caso la prevención también se dirige en la reposición en el emplazamiento de extracción pero únicamente con función de material mineral soporte.

En los casos en que la actividad de descontaminación está incluida en un proyecto que supone la generación de excedentes de tierras, las potenciales opciones de reutilización de los materiales generados como residuos pueden ser:

- Inclusión en bolsas de intercambio para su utilización como material de préstamo en otros proyectos.
- Materiales para el empleo en formación de terraplenes o rellenos en proyectos de infraestructuras.
- Material estructural para el relleno de huecos de espacios mineros, actuaciones de restauración ambiental o clausura y restauración de espacios degradados.

Ficha nº 20

ÁCIDOS Y BASES

LER	060101*	060102*	060103*	060104*
	060105*	060106*	060201*	060203*
	060204*	060205*	060704*	080316*
	100109*	110105*	110106*	110107*
	191104*	200114*	200115*	

Características sobre las que actuar para su reducción / Descripción / Origen

Se incluyen en esta categoría aquellos ácidos y bases que se encuentran agotados y/o contaminados, procedentes de su utilización en diferentes procesos industriales o laboratorios. La totalidad de estos residuos pueden ser tratados según las operaciones englobadas en la categoría R6 - "Regeneración de ácidos y bases" del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.

Al igual que en el caso de los productos químicos, para la minimización de estos residuos, es necesario una gestión integrada de los mismos, orientada a la reducción de impactos medioambientales, consistente en:

- Control de los inventarios.
- Mejora en el seguimiento y la utilización de dichos productos.
- Control de fugas y derrames, etc.

Asimismo, siempre que sea posible, se realizará la reutilización de ácidos y bases, y sólo se desecharán cuando haya finalizado su vida útil. Las instalaciones industriales estarán adaptadas para permitir dicha reutilización.

Debido a la naturaleza peligrosa de estos residuos, se tendrá en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, se extremarán las medidas en materia de seguridad en salud, en el almacenamiento, la recogida y el transporte de dichos residuos.

Oportunidades de reutilización

A continuación se detallan para los sectores industriales más importantes, ejemplos de reutilización de ácidos y bases:

- BATERÍAS DE PLOMO
La reutilización del ácido sulfúrico contenido en el electrolito de las baterías de plomo se realiza mediante el filtrado y corrección del nivel de ácido.

- **SECTOR QUÍMICO**
En la industria química para la recuperación de ácidos gastados se realiza una Destilación continua mediante adición de ácido sulfúrico concentrado para obtener ácido nítrico concentrado en cabeza (que se reutiliza internamente en el proceso de Nitración). En cola se obtiene ácido sulfúrico de grado técnico de 70% de concentración, que se comercializa en el mercado de fertilizantes y/o de la industria metalúrgica.
- **SECTOR DE TRATAMIENTO DE SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICOS**
El tratamiento de metales, aceros al carbono y aceros inoxidables consume grandes cantidades de ácido sulfúrico, nítrico, clorhídrico y fluorhídrico. En todos los casos, los ácidos se van consumiendo, produciendo sales metálicas, que se compensa agregando nuevo ácido hasta que la concentración de sales hace necesaria la renovación del baño.
- **Prolongación de la vida útil de ácidos por retardo iónico**
El proceso denominado de retardo iónico permite mantener una baja concentración de metal en los ácidos, por eliminación en continuo de las sales contenidas en el baño. El proceso se compone de dos etapas: en la etapa de retardo, el ácido contaminado con la sal metálica se hace pasar por el lecho de una resina de intercambio iónico. La sal metálica es absorbida por la resina y se retorna una solución ácida con baja concentración de contaminantes metálicos. En la etapa de regeneración, se expulsa la sal metálica de la resina, recuperándola de forma concentrada y regenerando la resina para un nuevo ciclo de uso.
- **Recuperación de ácidos de decapado**
En el proceso de decapado del acero, se procesan y recuperan ácidos minerales que contienen metales de instalaciones de decapado. Se purifican los ácidos inicialmente por flujo cruzado, micro o ultrafiltración. Los ácidos libres se separan de las sales metálicas mediante nanofiltración. Se utiliza ósmosis inversa para lograr la concentración requerida de ácidos libres. La nanofiltración se lleva a cabo sobre el concentrado en un recipiente de alimentación y cualquier ión Fe^{2+} se oxida a Fe^{3+} mediante H_2O . A continuación se añade KOH , NaOH o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ como agente tamponador y de floculación a un pH máximo de 6. Este concentrado se somete, pues, a microfiltración para eliminar el $\text{Fe}(\text{OH})_3$ precipitado. Este conduce también a la precipitación cuantitativa de una mezcla de hidróxidos, de Zn y otros metales disueltos residuales.
En la industria del tratamiento de superficies metálicas y plásticos también se realiza la valorización de los licores “mixtos”, por ejemplo, para producir fundente; recuperación del ácido para reutilizarlo en la industria de gal-

vanización o para otros productos químicos inorgánicos.

- **SECTOR DEL REFINO**

Para las refinerías que operan una unidad de alquilación de ácido sulfúrico y que necesitan un servicio adicional de recuperación de sulfuro, existen plantas de regeneración de ácido sulfúrico, que no sólo regenerará el ácido usado por la refinería, sino que recuperará parte o la totalidad del gas ácido de la planta, en forma de ácido sulfúrico u otros productos del sulfuro. Esta tecnología constituye un complemento de la unidad de alquilación de la refinería a la vez que mejora o reemplaza el servicio vigente de recuperación de sulfuro; de esta manera, se evita la inversión necesaria para construir una o más Unidades Claus tradicionales de tratamiento de gas de cola. Estas plantas producen emisiones ambientales de calidad superior a las producidas por las Unidades Claus tradicionales y además ofrecen un tiempo de funcionamiento más prolongado.

Ficha nº 21

RESIDUOS DE CARBÓN ACTIVO

LER 060702* 061302* 190110* 190904

Descripción

En esta ficha se incluyen las actuaciones para minimizar y gestionar los siguientes residuos de carbón activo tanto usado como no usado, provenientes de diferentes procesos.

Oportunidades para la reutilización

Estos residuos al ser de naturaleza diferente necesitan un tratamiento previo que supone la selección de materiales que permite la separación de los materiales reutilizables/ valorizables contenidos en los residuos,

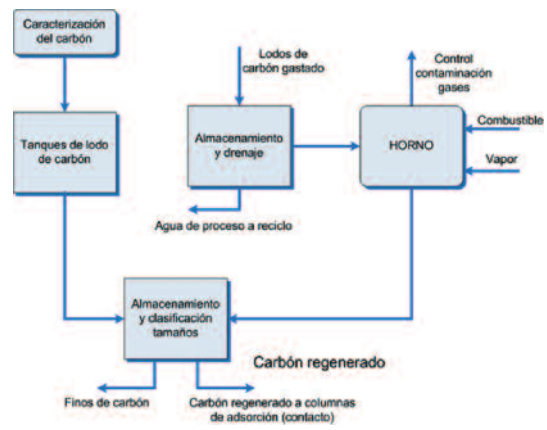
Si el carbón activo es saturado (o si el fin del tratamiento es alcanzado), se lo puede reactivar hasta un **producto reutilizable de alta calidad**. Si ya no es reutilizable se valoriza para poder utilizar como combustible en la industria del cemento.

Los **métodos** para regenerar el carbón granular se basan en:

- Paso de vapor a baja presión a través del lecho, para evaporar y eliminar el disolvente ocluido. Si el carbón usado sólo ha adsorbido algunos productos muy volátiles, puede practicarse la regeneración del mismo mediante vapor, que además es útil para quitar la obstrucción de la superficie de los gránulos y esterilizar el carbón.
- Extracción del adsorbato mediante un disolvente, un ácido o un álcali. Se citan desarrollos que emplean un disolvente a 100°C y a pH elevado, con pérdidas de carbón del orden del 1 %.
- Regeneración por vía térmica. Las pérdidas de carbón pueden llegar hasta el 10% por regeneración, por lo que al cabo de unas 10 a 12 regeneraciones se habrá sustituido, estadísticamente, toda la masa de carbón inicial.
- Tratamiento del carbón con gases oxidantes.

Es frecuente el uso de una de las dos primeras técnicas en combinación con las siguientes; así, el carbón granular se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y su posterior eliminación de la superficie del carbón en un horno.

A continuación se presentan de forma simplificada los principales elementos de una instalación para la regeneración de carbón activo gastado. El sistema de transporte y regeneración se ocupa del movimiento del carbón hacia y desde el horno de regeneración, de la regeneración del carbón y de la introducción y transporte del carbón fresco nuevamente al sistema.



Ficha nº 22

R7: RESIDUOS DE INTERCAMBIADORES IÓNICOS

LER 190905 190806*

Descripción

En esta ficha se incluyen las actuaciones para minimizar y gestionar los siguientes residuos de resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas.

Oportunidades para la reutilización

Estos residuos al ser de naturaleza diferente necesitan un tratamiento previo que supone la selección de materiales que permite la separación de los materiales reutilizables/ valorizables contenidos en los residuos.

Las resinas de intercambio iónico son materiales sintéticos, sólidos e insolubles en agua, que se presentan en forma de esferas o perlas de 0.3 a 1.2 mm de tamaño efectivo, aunque también las hay en forma de polvo; y se utilizan en la regeneración de aguas.

Las resinas de intercambio iónico pueden recuperar su capacidad de intercambio original, mediante el tratamiento con una solución regenerante. Después de una serie de ciclos de intercambio iónico las resinas de intercambio iónico sufren la pérdida de sitios de intercambio activo o sufren la rotura de los enlaces transversales de la resina, disminuyendo su capacidad de intercambio. En caso de considerarse la nula posibilidad de reutilización y la condición de residuo peligrosos este será gestionado a través de empresa autorizada.

Se puede maximizar la vida útil de las resinas y por tanto minimizar la generación de residuos de resinas siguiendo las pautas indicadas para la regeneración y los retrolavados:

- En los retrolavados, respetar los tiempos mínimos y controlar los caudales para evitar la pérdida de resina.
- Respetar las pautas de purga y renovación de los regenerantes para evitar precipitación de sales sobre la resina.
- Respetar las pautas de enjuague
- Realizar los controles necesarios (concentración de las soluciones, gasto de reactivos)

Ficha nº 23

R7: RESIDUOS DE ABSORBENTES

LER 150202* 150203

Descripción

En esta ficha se incluyen las actuaciones para minimizar y gestionar los siguientes residuos:

LER 150202* Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas.

LER 150203 Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02.

Oportunidades para la reutilización

Estos residuos al ser de naturaleza diferente necesitan un tratamiento previo que supone la selección de materiales que permite la separación de los materiales reutilizables/ valorizables contenidos en los residuos.

Los absorbentes deben segregarse en un contenedor especial diseñado para este fin. En cualquier caso, el destino final de los materiales absorbentes dependerá de la tipología del residuo que se haya limpiado con estos productos. La única posibilidad de dichos productos es la valorización energética mediante gestor autorizado.

Si se trata de aceites, hidrocarburos, etc., (código LER-150202) se deben gestionar como residuos peligrosos.

Ficha nº 24

RESIDUOS DE TORTAS DE FILTRACIÓN Y ABSORBENTES

LER	070109*	070110*	070209*	070210*
	070309*	070310*	070409*	070410*
	070509*	070510*	070609*	070610*
	070709*	070710*		

Descripción

Dentro de los códigos de residuos de esta ficha, se agrupan por estar constituidos por tortas de filtración y absorbentes usados y que comparten tipología de operaciones de valorización. Son residuos peligrosos (algunos halogenados) que se originan en procesos químicos orgánicos de fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de, principalmente:

- productos químicos orgánicos de base.
- plásticos, caucho sintético y fibras artificiales.
- tintes y pigmentos orgánicos.
- productos fitosanitarios orgánicos, de conservantes de la madera y de otros biocidas.
- productos farmacéuticos.
- grasas, jabones, detergentes, desinfectantes y cosméticos.
- productos químicos resultantes de la química fina.

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Plena aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs) definidas y contempladas en los BREF sectoriales correspondientes.
- El correcto secado de la torta de filtrado favorecerá la minimización de residuos producidos. Se utilizan, esencialmente, dos tipos de secado de la torta de filtrado:
 - Secadores de dispersión o rotatorios.
 - Combinación de trituradores / secadores.

Oportunidades para su valorización

Se consideran peligrosos para la salud o para el medio ambiente. Son sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas o pueden producir reacciones químicas, cuando están en concentraciones que pueden ser peligrosas.

Por ello la primera medida a llevar a cabo es aplicar el tratamiento (físico, químico, térmico o biológico) necesario para transformar el residuo en no peligroso o bien en menos peligroso a efectos de hacer más seguras las condiciones almacenamiento, transporte o eliminación final.

Fundamentalmente se pueden citar las siguientes opciones de valorización:

- Referente a residuos de tortas de filtración y absorbentes usados no halogenados
 - Ceramización. Consiste en mezclar el residuo con una arcilla y posterior cocción. En función del tipo de matriz cerámica y del tamaño de la partícula, se puede tratar de una encapsulación o del confinamiento del óxido en la red del silicato amorfo que forma parte del cuerpo cerámico.
 - Clinquerización. Consiste en la cocción a 1500°C con aire caliente en hornos giratorios con una inclinación del 3% y posterior molienda, para poder adicionarlo al cemento y sus derivados
 - Vitrificación. La vitrificación es una tecnología muy apropiada para tratar algunos de los residuos peligrosos, y una de las mejores para inertizarlos. Los residuos aptos para la vitrificación tienen que ser de naturaleza 100% inorgánica; además, debe considerarse que desde el punto de vista económico es mejor que los residuos sean altamente tóxicos, ya que el coste del tratamiento es elevado. El confinamiento de los compuestos orgánicos dentro de una matriz vítrea se produce en una relación no fija, como en los vidrios. Durante la cocción los compuestos orgánicos (celulosa, lignina, grasas, microorganismos patógenos, etc.) se destruyen y en su lugar se crean unos poros cerrados que darán lugar a sus propiedades térmicas. Los componentes inorgánicos (arcillas, tierras, metales pesados, etc.) quedan insertados en la matriz vítrea del cuerpo cerámico y, por tanto, inertizados. Para llevar a cabo la fusión de vitrificado existen hornos abiertos convencionales (de combustibles fósiles y aire como comburente, y los que utilizan gas natural con oxígeno, conocidos como hornos de oxidación), y hornos de fusión eléctricos que pueden ser por electrodos, por arco o de plasma.

- Respecto a los residuos peligrosos que presentan contaminantes orgánicos persistentes (COPs), dentro de los que se encuentran los halogenados incluidos en la presente tabla es conveniente la aplicación de tratamientos previos a su eliminación, como la **adsorción** y **absorción** (concentrar contaminantes y separarlos de desechos no peligrosos. Es posible que el concentrado y el adsorbente o absorbente necesiten ser tratados antes de su eliminación), **deseccación** (proceso que elimina parte del agua de los desechos. Según el tipo de contaminante, los vapores resultantes pueden requerir condensación o depuración y recibir tratamiento ulterior), **separación mecánica** y/o **reducción del tamaño**, ajuste del pH. (Algunas tecnologías de tratamiento alcanzan su máxima eficacia

por encima de un determinado intervalo de pH).

Las operaciones disponibles para la destrucción y la transformación irreversible ambientalmente racional del contenido de COP en los desechos son:

- Reducción por metal alcalino que supone el tratamiento de desechos con metales alcalinos dispersos que reaccionan con el cloro en los desechos halogenados produciendo sales y desechos no halogenados. Normalmente, se realiza el proceso a presión atmosférica y a temperaturas de entre 60°C y 180°C. El agente reductor más comúnmente utilizado es el sodio metálico.
- Descomposición catalizada por bases (DCB), tratamiento de desechos en presencia de o mezcla de reactivos que incluye aceite donante de hidrógeno, hidróxido de un metal alcalino y catalizador patentado. Cuando la mezcla se calienta a más de 300°C, el reactivo produce hidrógeno atómicamente reactivo. El hidrógeno atómico reacciona con el desecho eliminando los constituyentes que aportan la toxicidad a los compuestos.
- Hidrodecloración catalítica (HDC) que supone el tratamiento de desechos con gas hidrógeno y catalizador de paladio sobre carbono (Pd/C) disperso en aceite de parafina. El hidrógeno reacciona con el cloro del desecho halogenado para producir cloruro de hidrógeno (HCl) y desecho no halogenado. En el caso de los PCB, el principal producto es el bifenilo. El proceso se desarrolla a presión atmosférica y temperaturas comprendidas entre 180° C y 260° C.
- Reducción química en fase gaseosa (RQFG) entraña la reducción termoquímica de compuestos orgánicos. A temperaturas superiores a los 850°C y a bajas presiones, el hidrógeno reacciona con los compuestos orgánicos clorados para formar principalmente metano y cloruro de hidrógeno.
- Reacción de decloración fotoquímica (DFQ) y reacción de decloración catalítica (DC). La DFQ y DC son tecnologías que utilizan métodos combinados de reacción de decloración fotoquímica (DFQ) y reacción de decloración catalítica (DC). Cada proceso se desarrolla a temperatura moderada (<75°C) y a presión atmosférica. Una vez que los PCB se han declorado, se producen bifenilo, cloruro de sodio, acetona y agua, pero no se producen gases tales como el hidrógeno o el ácido hidroclórico.
- Oxidación en agua supercrítica (OASC) y oxidación en agua subcrítica, que tratan los desechos en un sistema cerrado y utiliza un oxidante (como oxígeno, peróxido de hidrógeno, nitrito, nitrato, etc.) en agua a temperaturas y presiones por encima del punto crítico del agua (374°C y 218 atmósferas) y por de-

bajo de condiciones subcríticas (370°C y 262 atmósferas). En estas condiciones, los materiales orgánicos se tornan muy solubles en agua y se oxidan para producir dióxido de carbono, agua y sales o ácidos inorgánicos.

- Aquellos residuos que admiten su valorización energética. A los efectos del tratamiento térmico de residuos, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo. Excepcionalmente podrá autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones en el Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015). Estas operaciones de valorización energética para residuos peligrosos aparecen descritas en la ficha nº 12.

Ficha nº 25

CATALIZADORES USADOS

LER	160801	160802*	160803	160804
	160805*	160806*	160807*	

Características sobre las que actuar para su reducción / Descripción / Origen

En esta ficha se incluyen las actuaciones para minimizar y gestionar los siguientes residuos:

- Catalizadores usados que contienen metales, en concentraciones peligrosas o no peligrosas, metales de transición peligrosos o compuestos de metales de transición peligrosos.
- Catalizadores usados procedentes del craqueo catalítico en lecho fluido.
- Catalizadores usados que contienen ácido fosfórico.
- Líquidos usados utilizados como catalizadores.

Dichos residuos aparecen de forma habitual en refinerías e industrias petroquímicas, las cuales emplean importantes cantidades de catalizadores, de diferente tipología.

Normalmente consisten en metales depositados sobre un soporte inerte tal como alúmina, sílice o carbón activo. Los metales pueden ser preciosos como el platino, o metales pesados como el níquel, el molibdeno, el cobalto o el vanadio. También se utilizan catalizadores no metálicos. Los catalizadores gastados además del metal característico pueden contener otros metales como el arsénico, plomo, níquel, etc. o no metales como azufre y carbón.

Las actuaciones de minimización que se están llevando a cabo en la actualidad y que se recomiendan son las siguientes:

- Selección de catalizadores más selectivos, menos contaminantes y de mayor vida útil.
- Buenas prácticas encaminadas a reducir la generación de dichos residuos. Dichas actuaciones no requieren cambios tecnológicos ni modificaciones en los distintos procesos productivos.

Estas prácticas se deben basar en:

- El establecimiento de las normas de almacenamiento y manipulación de los materiales.
- La prevención de fugas y accidentes.
- La segregación de subproductos y corrientes residuales.
- El análisis periódico de los parámetros de control.
- Buen control operacional del proceso: Una buena planificación y control del proceso constituye una interesante opción de minimización, ya que tampoco requiere cambios tecnológicos ni altas inversiones económicas, pero consigue lograr importantes reducciones del volumen de residuos generados.

Oportunidades de reutilización

Los catalizadores se utilizan en diversos procesos y tienen un ciclo de vida definido a fin de aprovecharlos al máximo con diferentes propósitos.

Una vez que el catalizador se descarga, se puede optar por la regeneración del residuo, previo a un examen de recuperabilidad realizado por técnicos especialistas. Si es posible la regeneración, se procede a su activación, que consiste normalmente en un proceso de pre-sulfhidración. La actuación se basa en transformar los óxidos metálicos a su fase de sulfuros (fase activa) utilizando agentes sulfhidrantes que contienen azufre tal como el H_2S .

Una vez los catalizadores no pueden ser regenerados se estudian las distintas posibilidades de reciclaje, que se exponen a continuación.

Oportunidades para el reciclaje

En las diferentes industrias y procesos asociados a las mismas, existen diversos tipos de catalizadores, por lo tanto, la primera actuación a realizar es el análisis y posterior clasificación de los mismos.

Las opciones más comunes para la reutilización de catalizadores gastados son las siguientes:

- Recuperación de metales. Existe una variedad amplia de tecnologías con aplicación industrial utilizadas para la recuperación de metales a partir de catalizadores gastados. Entre ellas, algunas dan pretratamiento térmico al catalizador gastado en atmósfera oxidante, con o sin utilización de agentes inorgánicos; posteriormente, realizan una lixiviación (alcalina o ácida). Otras, involucran lixiviación con presión, fundición, etc. Para conseguir una correcta recuperación de metales, existen determinadas condiciones que se deben tener en cuenta:
 - pH específico en la operación de lixiviación, según el metal a recuperar
 - Tiempo de lixiviación
 - Concentración del agente lixivante

Los metales recuperados a partir de catalizadores gastados se pueden aislar en forma relativamente pura y utilizarse para preparar otros tipos de catalizadores. Por ejemplo, se han sintetizado catalizadores de reformación utilizando Vanadio y Níquel contenidos en extractos de catalizadores gastados.

- Reutilización como materia prima. Se han desarrollado procesos capaces de hacer los catalizadores no lixiviables, pudiendo elaborar un material cerámico de cristal muy estabilizado. Dicho material puede utilizarse como agregado sintético en la producción de cemento, logrando obtener unos valores de resistencia a compresión similares o superiores a los del material original. Cabe destacar el buen rendimiento obtenido en los estudios correspondientes a la utilización de los catalizadores residuales de craqueo catalítico en lecho fluidizado (FCC) como “microfiller” (material de relleno) en los materiales

cementicios, debido a sus propiedades puzolánicas.

Los catalizadores agotados también pueden ser empleados, según sus características, para la fabricación de fritas cerámicas y como aditivo inorgánico en la composición de las suspensiones que se aplican para la obtención de los recubrimientos vidriados de las piezas de pavimento gresificado. Asimismo, pueden utilizarse en lugar del caolín para la obtención de zeolitas.

Otros usos de los catalizadores gastados son como absorbentes en la limpieza de gases calientes, particularmente aquéllos que contienen óxidos de Fe, Zn, Ca, Ni, Cu, Mo y W, debido a que poseen área superficial relativamente alta ($> 100 \text{ m}^2/\text{g}$) comparada con la del mejor absorbente comercial de gases ($<10 \text{ m}^2/\text{g}$), que es zinc-ferrita.

- Recuperación de nutrientes de fósforo. Esta técnica únicamente es aplicable a los catalizadores de polimerización, y en la actualidad se encuentra en desarrollo. En función de la composición del catalizador agotado (polimerización, óxido de plomo, cloruro de cobre, etc.) y su función en el proceso industrial, las posibles alternativas de reutilización son:

Catalizador	Recuperación de metales	Materia prima en cementeras	Nutrientes de fósforo
FCC (craqueo catalítico en lecho fluidizado)	Sí	Sí	No
Polimerización	No	No	Sí
Reformado catalítico	Sí	No	No
Hidrocracking	Sí	No	No
Hidrotratamiento	Sí	Sí	No
Óxido de plomo	Sí	No	No
Alúmina activada de unidades Claus	Sí	No	No
Alúmina activada de alquilación	No	Sí	No
Cloruro de cobre	Sí	No	No
Conversión de cloruros	No	Sí	No
Reformado de vapor	Sí	No	No
Unidad de desulfuración	Sí	No	No

Ficha nº 26

GRASAS Y CERAS

LER 040210 120112*

Características sobre las que actuar para su reducción / Descripción / Origen

Se incluyen en esta categoría dos residuos de carácter orgánico:

- Materia orgánica de productos naturales (por ejemplo grasa, cera) procedentes de Residuos las industrias del cuero, de la piel y textil.

Oportunidades para minimización y reducción del residuo: Dichos residuos se generan como consecuencia del lavado o desengrase de las pieles o lanas a tratar en la industria textil y del curtido. Esta operación, al eliminar materia orgánica (grasa), es un foco de contaminación de los efluentes, pues requiere elevada cantidad de productos químicos (solventes y/o tensoactivos), así como una gran cantidad de aguas residuales y carga salina.

Para evitar la producción de estos residuos, el desengrase puede realizarse, en pieles ovinas en crust, empleando disolventes orgánicos (percloroetileno) en máquinas de limpieza en seco. Es frecuente en artículos tipo ante.

- Ceras y grasas usadas, procedentes del moldeado y del tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos.

Oportunidades para minimización y reducción del residuo: Una de las medidas propuestas es simplificar el desengrase de las piezas a tratar tomando en consideración las etapas previas de mecanizado y almacenaje. Tanto durante el almacenamiento previo al proceso como posterior, se recomienda no impregnar las piezas metálicas con aceites, debido a la contaminación que se genera luego en su limpieza. Para evitar su excesiva oxidación, es importante reducir al máximo los tiempos de almacenaje. También es importante tener en cuenta que, determinadas grasas, pueden llevar en su composición productos inhibidores de la corrosión (aminas, boratos, nitritos...), tóxicos (fenoles, formoles), complejantes (EDTA, NTA,...), metales pesados (Mo, Zn,...), aditivos (azufrados, clorados, sulfonados, nonilfenoles, etc.). Por ello, es importante disponer de la información sobre su composición. Se recomienda el conocimiento al menos de aquellos componentes tóxicos o que puedan dificultar el posterior tratamiento de las aguas residuales.

En el mecanizado previo de las superficies a tratar, algunas posibilidades de reducción de grasas son:

- usar lubricantes volátiles

- utilizar grasas de base vegetal (frente a los minerales)
- emplear la mínima cantidad de lubricantes

Una vez, recepcionadas para su tratamiento:

- dejar escurrir o centrifugar las piezas, para eliminar el exceso de grasa
- realizar limpiezas previas de las piezas antes de entrar en la línea de tratamiento, por ejemplo, con un pre-desengrase formulado a partir de desengrase sucio
- reducir el tiempo de almacenaje de las piezas, tanto antes como después del tratamiento

Como consecuencia de la aplicación de grasas durante el mecanizado previo, habrá que proceder a la eliminación de los mismos utilizando procedimientos, según el siguiente orden de preferencia: mecánicos, físicos y químicos.

Entre los procedimientos químicos, siempre que sea posible, emplear en primer lugar sistemas acuosos, a continuación, si es imprescindible su uso, los métodos vía disolvente orgánico.

Como ventajas, citaremos:

- reducción en el consumo de materias de desengrase
- reducción en el consumo energético del proceso
- reducción en la generación de residuos y aguas residuales.

Por ello, para abordar la minimización de las cantidades de grasas empleadas en el procesado o mecanizado previo de las piezas las grasas seleccionadas deben permitir el uso de sistemas desengrasantes más acordes con el medio ambiente.

Oportunidades para el reciclaje

Materia orgánica de productos naturales

- Reutilización como materia prima
 - Grasa de la lana

Los efluentes procedentes del desgrasado de la lana pueden ser recuperados y reciclados mediante sistemas de recuperación de la grasa de lana. La recuperación de la grasa contenida en los efluentes se realiza habitualmente mediante equipos de decantación o centrifugación, en agua caliente, los cuales separan el material extraído en tres fases:

- Fase superior: grasa anhidra, recuperable como subproducto. No obstante, para que tenga la consideración legal de subproducto, deberá cumplir todas y cada una de las condiciones exigibles.
- Fase inferior: material no recuperable, compuesto de restos orgánicos e inorgánicos.
- Fase media: fracción intermedia de las dos anteriores que se reintroduce de nuevo en la centrifugadora.

Los beneficios medioambientales principales de los sistemas de recuperación de la grasa de lana

son los siguientes:

- Reducción del consumo de agua de un 25 a un 50%.
- Reducción del consumo de energía.
- Recuperación de la grasa de la lana como subproducto, siempre y cuando cumpla todas y cada una de las consideraciones exigidas
- Reducción del consumo de detergentes y aditivos proporcional al ahorro de agua.
- Reducción de la carga contaminante en las aguas residuales.

Se recomienda en las fábricas desgrasado de lana, la incorporación plantas de recuperación de la grasa. Estas plantas pueden llegar a obtener de 8 a 71 kg de grasa por tonelada de lana procesada, con un promedio de 30. Las mayores tasas de recuperación corresponden a las fábricas de lana fina, ya que la lana gruesa contiene porcentajes inferiores de grasa, y esta se encuentra en forma oxidada.

- Opciones de reutilización de la grasa de la lana
La grasa de la lana o lanolina o Adeps Lanae se prepara por purificación y concentración de sustancias existentes en el agua del lavado de la lana de oveja. Generalmente la grasa se emplea en cosméticos: cremas, polvos compactos, cosméticos para baño, lápices de labios, jabones de afeitar, cosméticos capilares, champús, lociones para después del afeitado, etc. También lo podemos encontrar en medicamentos tópicos. Para cremas barrera, detergente para vajillas, taladrines y soluciones de corte, pulidores de automóviles y eliminadores de óxido, tinta de imprimir y de escribir, tratamiento de botas de goma y preservativos, ceras para esquíes, tratamiento antiarrugas y como repelente de agua para el cuero, papel de carbón para copias, aislamiento de cables, rociadores repelentes de insectos, colorantes para marcar ovejas y acabados para pieles.
- Valorización energética
Otra opción de reciclaje es la utilización de las grasas usadas como combustible, con una recuperación adecuada del calor producido, realizada con las autorizaciones necesarias y previa comprobación analítica de su adecuación para este uso y de ser necesario con tratamiento previo o secundario. Esta operación se corresponde con la R1 del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.
A los efectos del tratamiento térmico de residuos, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Resi-

duos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo. Excepcionalmente podrá autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones en el Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015).

Ésta sólo podrá llevarse a cabo tras asegurar el cumplimiento de los requisitos sobre emisiones a la atmósfera. En particular se deberá cumplir todo lo exigido en el Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre Incineración de Residuos.

Las instalaciones que valoricen energéticamente estos residuos deberán cumplir lo establecido en los puntos I y II del inciso d) del artículo 6 del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

- Ceras y grasas usadas
 - Regeneración; Produciendo grasa por medio de un nuevo refinado u otro tratamiento de las grasas usadas. Estos tratamientos permitirán eliminar los contaminantes, los productos de oxidación y los aditivos que contienen, hasta hacerlas aptas de nuevo. Deberán reunir las especificaciones técnicas y las condiciones de seguridad exigidas según los usos a los que estén destinados. Esta operación se corresponde con la R9 del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.
Tanto el Artículo 1.1 de la Ley/1998, de Residuos como el Artículo 7 del Real Decreto 679/2006, establecen la regeneración como la primera prioridad en la gestión de este tipo de residuos.
 - Reciclado; La valorización material de las grasas usadas, mediante regeneración o mediante otros procedimientos, que permita su utilización, previos los tratamientos y autorizaciones necesarios, en la fabricación de otros productos como asfaltos, pinturas, tintas, barnices, cauchos, etc. Esta operación se corresponde con la R5 del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.

Ficha nº 27

ENVASES Y RESIDUOS DE ENVASES

LER	150101 150109	150102	150103	150107
-----	------------------	--------	--------	--------

Normativa de referencia: Ley 11/1997 de 24 de abril, R.D. 782/1998 de 30 de abril.

Como envases o residuos de envases deberán considerarse aquellos elementos que se utilicen para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. Dentro del ámbito industrial cabe destacar las siguientes características a la hora de su correcta identificación:

- Envase de transporte o terciario. Diseñado para facilitar la manipulación y el transporte de varias unidades de venta o de varios envases colectivos. No incluye los contenedores intermodales o multimodales.
- Envase colectivo o secundario. Diseñado para constituir una agrupación de un número determinado de productos. Incluye tanto los que se venden al usuario o consumidor final como los que se utilizan únicamente para reponer los productos.
- Envase primario. Diseñados para constituir la presentación, manipulación o transporte en el punto de adquisición destinada al consumidor o usuario final.

A efectos de minimización, son de especial interés la identificación de Envases superfluos, considerando como tales todo envase que, aunque facilite la manipulación, distribución y presentación del producto destinado al consumo, no resulte necesario para contenerlo o protegerlo.

Dicha identificación de potenciales envases superfluos es de interés en el proceso de producción en relación a dos áreas:

- Envases superfluos asociados a materias primas con el objeto de reducir su adquisición.
- Envases superfluos asociados a los productos elaborados por la actividad industrial.

ECOEMBES establece las siguientes actuaciones:

- Favorecer la reutilización
 - Sustituir envases de un solo uso por reutilizables
 - Comercializar el producto en envases recargables, minimizando la cantidad de envase necesaria para la recarga con el mismo producto
 - Sustitución de envases nuevos por envases que de otra forma se hubiesen desechado, consiguiendo así darles un segundo uso.
 - Mejorar las características de los envases reutili-

zables para alargar su vida útil.

- Reducción del peso del envase
 - Utilización de envases de mayor capacidad.
 - Aligeramiento del envase por mejora tecnológica de los materiales
 - Eliminación de elementos de envase.
 - Aligeramiento del envase por mejora del diseño
 - Aumento de las unidades de envase primario por cada envase de agrupación.
 - Optimización del mosaico de paletización.
 - Modificaciones en las características del producto (manteniendo su funcionalidad) que permitan emplear menor cantidad de envase.
 - Aumento de la cantidad de producto contenido sin modificar las características del envase (eliminación de vacíos técnicos).

- Minimizar el impacto ambiental del residuo del envase
 - Reducir o eliminar las superficies impresas de los envases
 - Mejora de la composición química de los envases de cara a reducir su impacto medioambiental.
 - Mejora de las propiedades físicas de los envases que faciliten la gestión de los residuos a que den lugar
 - Utilización de envases constituidos por elementos cuyos materiales sean compatibles para el reciclado

El poseedor final de los residuos de envases y envases usados deberá entregarlos, en condiciones adecuadas de separación de materiales, a un agente económico para su recuperación, reutilización, reciclado o valorización.

Tal como prevé la Ley 11/1997, y el reglamento que la desarrolla, la participación de los agentes económicos responsables de los productos envasados en los sistemas integrados de gestión posibilitará que aquéllos pongan en el mercado dichos productos, eximiéndose, como consecuencia de ello, de tener que hacerlo a través del sistema de depósito, devolución y retorno.

- Sistemas Integrados de Gestión (SIG's) y Sistemas de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR's) asociados a Residuos de Envases Ligeros, Papel y Cartón
Las empresas responsables de la puesta en el mercado de productos envasados, están obligadas por la Ley 11/97 de Envases y Residuos de Envases, a participar en la recuperación y gestión de los residuos de envases. En tal sentido hace responsables de ello a los envasadores y comerciantes de productos envasados o, cuando no sea posible identificar a los anteriores, a los responsables de la primera puesta en el mercado de los productos envasados.
Desde la entrada en vigor de la Ley 11/97 de Envases, los envasadores tienen obligación bien de poner en fun-

cionamiento un sistema individual —sistema de depósito, devolución y retorno—, o bien de participar en la financiación, a través de un sistema integrado de gestión, de la recogida selectiva y reciclado de los envases que ponen en el mercado.

Como Sistema Integrado de Gestión (SIG), encaminado a la recogida selectiva y recuperación de residuos de envases y envases usados para su posterior tratamiento, reciclado y valorización cabe identificar a:

- ECOEMBES. (Ecoembalajes España S.A).
Contacto: www.ecoembes.com.
Teléfono: 902 281 028.

- Sistemas Integrados de Gestión (SIG's) asociado a Residuos de de Envases de Vidrio.
En el caso de los residuos de envases constituidos por vidrio, como Sistema Integrado de Gestión cabe identificar a:
 - ECOVIDRIO (único sistema integrado de gestión especializado en vidrio).
Contacto: www.ecovidrio.es
Correo electrónico: info@ecovidrio.es
Teléfono: (+34) 976 458 592, (+34) 914 118 344
Fax (+34) 976 458 592, (+34) 914 118 345

- Sistemas Integrados de Gestión (SIG's) asociado a Residuos de Medicamentos y Envases de Medicamentos.
Con objeto de la gestión de de los envases usados y residuos de medicamentos, La Federación Nacional de Asociaciones de Mayoristas Distribuidores de Especialidades Farmacéuticas (FEDIFAR) ha puesto en marcha un proceso de recogida y almacenamiento de los residuos de medicamentos depositados por parte de particulares mediante los denominados "Punto SIGRE".
Este constituyen un Sistema Integrado de Gestión para gestión de envases de medicamentos y medicamentos caducados cuyos datos de identificación son:
 - SIGRE (Sistema Integrado de Gestión y Recogida de Envases).
Contacto: www.sigre.es
Correo electrónico: sigre@sigre.es
Teléfono: (+34) 913 911 230, (+34) 913 197 212

- Sistemas Integrados de Gestión (SIG's) y Sistemas de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR's) asociados a Envases Fitosanitarios.
De acuerdo al artículo 1º del R.D. 1416/2001, los productos fitosanitarios envasados deberán ser puestos en el mercado a través del sistema de depósito, devolución y retorno o, alternativamente, a través de un sistema integrado de gestión de residuos de envases y envases usados.
El sistema de depósito, devolución y retorno ha sido poco empleado en España. Este se articula de la si-

guiente forma:

- Se cobra a los clientes un depósito por cada envase
- Se acepta la devolución de los envases, devolviendo la cantidad de cada envase que sea objeto de transacción.
- Sólo están obligados a aceptar aquellos envases que hayan puesto en el mercado.

Como Sistema Integrado de Gestión de este tipo de residuos cabe identificar a:

- SIGFITO (Sigfito agroenvases S.L).
Contacto: www.sigfito.es
Correo electrónico: sigfito@sigfito.es
Teléfono: (+34) 917 161 130, (+34) 917 161 131

Ficha Nº 28

NEUMÁTICOS FUERA DE USO (NFU)

LER**160103**

Normativa de referencia: R.D. 1619/2005 de 30 de diciembre, Decreto del Gobierno de Aragón 40/2006, de 7 de febrero.

Tal como indica el Real Decreto en su artículo primero, considera en el ámbito de aplicación a los neumáticos puestos en el mercado nacional, con excepción de los neumáticos de bicicleta y aquellos cuyo diámetro exterior sea superior a mil cuatrocientos milímetros.

El Real Decreto establece la obligación por parte de los productores respecto a la recogida y gestión de estos productos tras su uso, dentro de las siguientes modalidades de gestión: realizando directamente la gestión de los neumáticos fuera de uso derivados de los neumáticos que hayan puesto en el mercado nacional de reposición, entregándolos a gestores autorizados de neumáticos fuera de uso, participando en un sistema integrado de gestión, o contribuyendo económicamente a los sistemas públicos de gestión de neumáticos fuera de uso (en la medida tal que cubran los costos atribuibles a la gestión de los mismos).

Pequeñas acciones que pueden llevarse a cabo por los particulares:

- Utilizar, neumáticos de vida más larga y que consuman menos gasolina.
- Consultar al distribuidor sobre la resistencia de la rodadura y el rendimiento en cuanto al reciclaje de los neumáticos que desea comprar.
- Comprobar que los neumáticos estén bien hinchados y equilibrados.
- Cambiarlos cada 40.000 Km, pero todos al mismo tiempo.

Medidas de prevención:

- Promoción del recauchutado.
Esta práctica es conocida en el ámbito de los camiones y vehículos industriales, donde los neumáticos recauchutados suelen utilizarse. Los ciudadanos también pueden servirse de neumáticos recauchutados para sus vehículos.
- Proyectos de I+D+i destinados al alargamiento de la vida útil de los neumáticos.
Para los productores de neumáticos, el Plan Nacional Integrado de Residuos 2007-2015 recoge que se establecerá un sistema de ayudas a Proyectos de I+D+i específicamente destinados al alargamiento de la vida útil de los neumáticos.
- Conducción eficiente de los vehículos.
Una buena conducción (evitando frenados y aceleraciones bruscos, entre otros) conlleva un menor desgaste de los neumáticos.

Como Sistemas Integrados de Gestión de este tipo de residuos cabe identificar a:

SIGNUS ECOVALOR

(Sistema integrado de gestión de neumáticos usados SL)

Contacto: www.signus.es

Correo electrónico: info@signus.es

Teléfono: (+34) 917 670 434, (+34) 917 680 766

TNU (Tratamiento de neumáticos usados S.L.)

Contacto: www.tnu.es

Correo electrónico: info@tnu.es

Teléfono: (+34) 902 179 180

Fax: (+34) 965 442 045

Ficha nº 29

RESIDUOS DE VEHÍCULOS FUERA DE USO (VFU) Y RESIDUOS DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS

LER	160104*	160106	160107*	160108*
	160110*	160111*	160112	160114*
	160115	160116	160117	160118
	160121*	160122		

Descripción

En esta ficha se recogen los Vehículos Fuera de Uso (VFU) y los residuos del desguace de vehículos al final de su vida útil y del mantenimiento de vehículos que pertenecen al capítulo 16 01 del código LER.

Oportunidades para reducir la cantidad de residuos generados

- Fabricar y diseñar vehículos de manera que se facilite el desmontaje, la reutilización, la valoración y el reciclado de los VFU.
- Fomentar la utilización de materiales reciclados en la fabricación de vehículos.
- Reducir la utilización de sustancias peligrosas desde la fase de diseño del vehículo.
- Velar porque los componentes de los vehículos que salgan al mercado no contengan mercurio, cromo hexavalente, cadmio, ni plomo, excepto en las aplicaciones que se enumeran en la lista del anexo II (Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000); siendo el Consejo o la Comisión Europea quien puede modificar ese anexo.

Oportunidades de sustitución

- Fomentar la utilización de materiales reciclados en la fabricación de vehículos.

Oportunidades para mejorar la calidad del residuo

La investigación de componentes de los vehículos más sostenibles que conservando las prestaciones, facilite su tratamiento posterior una vez alcance el final de su vida útil, priorizando el empleo de materiales reciclables en la producción de vehículos y la reducción de sustancias peligrosas.

Oportunidades para el reciclaje

- Proceso de reciclado del VFU al llegar al Centro Autorizado de Tratamiento (CAT):

Lo fundamental para lograr la óptima recuperación de materiales es la separación en origen. Para ello se ha establecido un procedimiento que consiste en:

- Descontaminar. Extraer los siguientes elementos: aceite, carburante, líquidos y pastillas de freno, baterías, valvulitas, CFC's del aire acondicionado, neumáticos, cristales y anticongelantes. Los residuos se deben recoger en contenedores adecuados, en cuanto a número y tipo, para almacenar cada residuo por separado.

También en los talleres de mantenimiento, estos productos deben de recogerse y almacenarse por separado.

- La limpieza de las áreas de trabajos debe de realizarse en seco, utilizando un material absorbente.
- Extracción de las piezas recuperables que se clasifican y se depositan en un almacén. El valor de los recambios de segunda mano depende de la edad del VFU, y es mayor cuanto más nuevo sea el vehículo.
- Extracción de materiales recuperables, principalmente plásticos, clasificando por tipo de material.
- Prensado. Trabajo que realizan diversas empresas y los fragmentadores con prensas móviles que se desplazan a las plantas de desguaces. El automóvil prensado se envía a las plantas fragmentadoras, donde se tritura y se recupera los metales férricos y no férricos. El hierro es llevado a la industria de horno de arco eléctrico para producir acero, las gomas y otros es llevado a la industria cementera, la fracción ligera es aprovechada para la fabricación de textiles, plásticos, etc... La separación de materiales por densidades después del proceso de fragmentación se realiza separando principalmente el aluminio, cobre y acero inox que es llevado a la industria de producción secundaria.

Ficha nº 30

RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE'S) DISTINTOS DE PILAS Y ACUMULADORES

LER	090111*	090112	160211*	160212*
	160213*	160214	160215*	160216
	160606*			

Normativa de referencia

R.D. 208/2005 de 25 de febrero.

El Real Decreto 208/2005 define los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en función de los materiales, componentes, consumibles y subconjuntos que los componen (a partir del momento en que pasan a ser residuos) procedentes tanto de usos profesionales como particulares y englobando a los mismos a los procedentes de de domicilios particulares y de fuentes comerciales, industriales, institucionales y de otro tipo que, por su naturaleza y cantidad, son similares a los procedentes de hogares particulares.

En función a la normativa se consideran las siguientes excepciones:

- Equipos destinados específicamente a fines de seguridad nacional o militares.
- Herramientas industriales fijas de gran envergadura o Grandes herramientas estacionarias industriales.
- Aparatos médicos en los que existe la posibilidad de estar infectados y/o diseñados para ser implantados en el cuerpo humano
- Luminarias de hogares particulares y bombillas de filamentos (de acuerdo a la redacción de categoría la 5 del Anexo I del Real Decreto 208/2005).

Para los residuos provenientes de productos puestos en mercado establece la responsabilidad de los productores de participar en la recogida y gestión de estos productos tras su uso.

Para el cumplimiento de dicha obligación de participar en la implementación de sistemas de recogida diferenciada, los productores pueden optar por participar en las siguientes modalidades de gestión: establecimiento de su propio sistema de gestión individual, participación en un sistema integrado de gestión, contribución económica en los sistemas de gestión (sean estos específicamente constituidos para tal fin o de carácter municipal).

Medidas de prevención

- Utilizar aparatos que sean eficientes y por tanto, que tengan una vida útil mayor.
- Comprar aquellos aparatos que contengan un menor número de sustancias peligrosas.

Medidas de reutilización

Siempre que sea posible reutilizar estos aparatos.

Como Sistemas Integrados de Gestión de este tipo de residuos cabe identificar a:

- **AMBILAMP** (Asociación para el reciclaje de lámparas).
Contacto: www.ambilamp.com www.ambilamp.es
Correo electrónico: recogidas@ambilamp.com
Teléfono: (+34) 900 102 749
- **Electrorecycling S.A.**
Contacto: www.electrorecycling.net
Correo electrónico: electrorecycling@electrorecycling.net
Teléfono: (+34) 938 316 701 Fax (+34) 938 317 763
- **ERP** (European Recycling Platform).
Contacto: www.erp-recycling.org,
ERP España; www.erp-recycling.org/spanish.0.html
Correo electrónico: empresas@erp-recycling.org
Teléfono: (+34) 918 063 042 Fax (+34) 918 047 295
- **ECOASIMELEC** (Fundación para la Gestión Medioambiental de Aparatos Eléctricos y Electrónicos)
Contacto: www.ecoasimelec.es www.raee-ecoasimelec.es,
Correo electrónico: medioambiente@asimelec.es
Teléfono: (+34) 902 112 824 Fax (+34) 915 550 362
- **ECOFIMÁTICA** (Fundación para la Gestión Medioambiental de Equipos Ofimáticos)
Contacto: www.ecofimatica.es www.raee-ecoasimelec.es
Correo electrónico: medioambiente@asimelec.es
Teléfono: (+34) 902 112 824 Fax (+34) 915 550 362
- **ECOLEC** (Fundación ecolec)
Contacto: www.ecolec.es
Correo electrónico: ecolec@ecolec.es
Teléfono: (+34) 902 999 561 Fax (+34) 913 956 396
- **ECOLUM** (Fundación ecolum)
Contacto: www.ecolum.es
Correo electrónico: info@ecolum.es
Teléfono: (+34) 917 819 134 Fax (+34) 914 315 999
- **ECO-RAEE'S** (Fundación eco-RAEE's)
Contacto: www.eco-raee.com
Correo electrónico: admin@eco-raee.com, info@eco-raee.com
Teléfono: (+34) 963 746 642; (+34) 963 363 487
Fax (+34) 963 742 018
- **ECOTIC** (Fundación ecotic)
Contacto: www.ecotic.es
Correo electrónico: ecotic@ecotic.es
Teléfono: (+34) 934 194 048 Fax (+34) 934 194 567
- **TRAGAMOVIL** (Fundación para la Gestión Medioambiental de Aparatos de Telefonía y Comunicaciones)
Contacto: www.tragamovil.com, www.raee-ecoasimelec.es
Correo electrónico: medioambiente@asimelec.es
Teléfono: (+34) 902 112 824 Fax (+34) 915 550 362
- **Indumetal Recycling S.A.**
Contacto: www.indumetal.com
Correo electrónico: irsa@indumetal.com

Teléfono: (+34) 944 710 165, (+34) 918 489 452

Fax (+34) 944 710 398, (+34) 918 489 442

- Reciclado de componentes electrónicos S.A (RECILEC).

Contacto: www.recilec.com

Correo electrónico:

Teléfono: (+34) 954 136 008, (+34) 636 969 126

Fax (+34) 954 322 216

Ficha nº 31

RESIDUOS DE PILAS Y ACUMULADORES

LER	160601*	160602*	160603*	160604
	160605			

Normativa de referencia

R.D. 106/2008 de 1 de febrero.

Incluye a los residuos que consisten en acumuladores, pilas botón, pilas estándar, pilas o acumuladores portátiles, pilas o acumuladores de automoción, pilas o acumuladores industriales, baterías y residuos de los anteriores.

El Real Decreto establece la obligación de productores e importadores de este tipo de elementos de hacerse cargo de la recogida y gestión de estos productos tras su uso.

Con tal fin establece las siguientes modalidades de gestión: contribución económica en los sistemas públicos de gestión, establecimiento de su propio sistema de gestión individual, participación en un sistema integrado de gestión, o establecimiento de un sistema de depósito, devolución y retorno

Medidas de prevención

- Uso de pilas recargables. Los cargadores son dispositivos que, alimentados de corriente eléctrica, posibilitan el reabastecimiento de energía de la pila/batería recargable.
- Fomento del uso de pilas de larga duración.

Como Sistema Integrado de Gestión de este tipo de residuos cabe identificar a:

- Fundación para la Gestión Medioambiental de Pilas (ECOPILAS).
Contacto: www.ecopilas.es
Operativa y recogidas: recogida@ecopilas.es
Información general y adhesiones: info@ecopilas.es

Ficha nº 32

ACEITES

LER	080319*	120106*	120107*	120108*
	120109*	120110*	120114*	120118*
	120119*	120301*	120302*	130104*
	130105*	130109*	130110*	130111*
	130112*	130113*	130204*	130205*
	130206*	130207*	130208*	130306*
	130307*	130308*	130309*	130310*
	130401*	130402*	130403*	130501*
	130502*	130503*	130506*	130507*
	130508*	130701*	130702*	130703*
	130801*	130802*	130899*	160113*
	160305*	190207*	190809	190810*
	130401*	130402*	130403*	

Descripción

Esta ficha comprende tanto los aceites industriales usados como los aceites de navegación.

Los aceites industriales usados se regulan en el R.D 679/2006, de 2 de junio.

Este Real Decreto establece medidas para prevenir la incidencia ambiental de los aceites industriales. Estimula la creación de Sistemas Integrados de Gestión, como principal medida para la recuperación de aceites usados tras su utilización, facilitando su valorización preferentemente mediante regeneración u otras formas de reciclado.

Dentro del ámbito de aplicación del Real Decreto quedan incluidos:

- Los aceites industriales puestos en el mercado (tanto los fabricados en España, como los importados y los adquiridos en otro Estado de la Unión Europea).
- Los aceites usados generados en el territorio español tras la utilización de los aceites industriales.
- Los aceites industriales usados importados o procedentes de otros estados de la Unión Europea.
- Los aceites con concentraciones de PCB inferiores a 50 ppm que se obtengan en los tratamientos de descontaminación de los PCB.
- Las mezclas y emulsiones que contengan aceites minerales usados, incluyendo en estas a las taladrinas (si bien es recomendable efectuar la reducción del contenido en agua, e incluso determinados SIG's establecen límites inferiores al 6 % en relación al contenido de la misma dentro de la fase aceitosa, para su gestión).

Quedan exceptuados los aceites usados que contengan policlorobifenilos (PCB), regulados por el Real Decreto 1378/1999 cuando no

procedan de procesos descontaminación o cuando las concentraciones presentes de PCB sean iguales o superiores a 50 ppm (en cuyo caso seguirán las indicaciones de la ficha nº 40).

Los aceites de navegación incluye los residuos de carácter oleoso que se generan en la navegación de aguas continentales (ríos y embalses), ya sean embarcaciones deportivas, de recreo, y oficiales (guardería fluvial, etc.) o en instalaciones comerciales (puertos deportivos, servicios turísticos, etc.) o industriales que atienden a estos servicios (talleres).

Oportunidades de reducción y gestión

Para los aceites industriales usados:

- Medidas de Prevención
 - Identificar las necesidades reales de los equipos, reduciendo la variedad de aceites a emplear.
 - Comprar las cantidades necesarias con el fin de evitar la caducidad del aceite.
 - Para evitar la caducidad de los aceites, poner en práctica un sistema de rotación de existencias (aplicar el sistema FIFO -first in, first out-).
 - Correcta selección del aceite para una aplicación concreta.
 - Realizar análisis del aceite: si el aceite está sucio, pero en buen estado, es suficiente filtrarlo para eliminar la suciedad. Los residuos resultantes de la filtración se gestionarán como aceites usados. Un sistema de análisis de aceite permite una reducción de su consumo y por tanto una reducción en la generación de residuos de aceites usados.
 - Utilizar lubricantes biodegradables
 - Utilizar aceites fabricados con bases regeneradas.
 - Sustituir procesos y productos.
- Medidas de reutilización
 - Reprocesado (vuelta al estado original).
 - Reacondicionamiento (alargamiento de la vida útil sin que mejore) del aceite usado en la planta.
 - Contratar una empresa de regeneración externa antes de eliminar el aceite. Es posible compensar el coste de adquisición de aceite nuevo.
- Medidas una vez generado el residuo
 - Sistema de control de vertidos y escapes: correcto almacenamiento para evitar roturas y pérdidas de aceite. Almacenar los aceites bajo techo en un lugar seco con una temperatura moderada y constante y con un sistema de recogida de derrames. Como Sistemas Integrados de Gestión de este tipo de residuos cabe identificar a:
 - Sistema integrado de gestión de aceites usados (SIGAUS)
Contacto: www.siga.us.es

Teléfono: (+34) 917 991 551

Fax: (+34) 917 991 552

- Sistema integrado de gestión productores independientes (SIGPI)

Contacto: www.sigpi.es

Teléfono: (+34) 917 240 164

Fax: (+34) 917 240 209

- Para los aceites de navegación
 - Realizar los cambios de aceite, sustitución de filtros, etc., en la zona de reparación anexa a las áreas de amarre, si esta existiera, o en un espacio de trabajo. En muchas ocasiones este espacio de trabajo también es utilizado como lugar habitual para efectuar las operaciones de reparación y mantenimiento de las embarcaciones a nivel mecánico (pequeñas reparación de motores, cambios de aceite, pintado, etc.,...). Siempre que sea posible se habilitará una zona de limpieza y reparación. Para la implantación de esta zona se deberá:
 - Impermeabilizar el suelo con una lona
 - Diseñar la zona de tal modo que se facilite el barrido diario, que se impida la entrada de agua de escorrentía de pluviales, y que se permita la retención y posterior tratamiento de las aguas procedentes de las operaciones de limpieza y reparación habituales.
 - Depositar los trapos y material de limpieza contaminados con aceite en los contenedores adecuados. Aquellos que contengan restos de sustancias peligrosas (disolventes, aceites...) deben depositarse en los contenedores específicos para sustancias peligrosas.
 - Utilizar sistemas de bombeo a prueba de derrames que extraen el aceite del cárter mediante mangueras.
 - Colocar material absorbente o plástico de protección debajo de los filtros de aceite antes de retirarlos para captar cualquier derrame. En todo caso colocar materiales absorbentes debajo de la embarcación cuando se proceda a efectuar el cambio de aceite para controlar cualquier derrame producido.
 - Depositar los filtros usados de aceite y de gasoil en los contenedores específicos para este tipo de residuos, tratando de escurrir al máximo los posibles restos de estas sustancias.
 - Utilizar embudos para vaciar los aceites usados sobre los contenedores o bidones, de esta manera se facilita su vaciado y se reduce la probabilidad de derrame.

Ficha nº 33

RESIDUOS SANITARIOS

LER	180101	180102	180103*	180104
	180106*	180107	180108*	180109
	180110*	180201	180202*	180203
	180205	180206	180207*	180208

Descripción

Los residuos sanitarios se pueden subdividir en dos grupos:

- Urbanos y asimilables
- Peligrosos
- Residuos Urbanos y asimilables
 - Grupo I.- Residuos asimilables a urbanos
Los residuos Clase I son los procedentes de restaurantes, cocinas, zonas públicas y papeleras de las habitaciones. Se trata de residuos sin ningún tipo de contaminación específica. Esta Clase incluye también los residuos de jardinería, mobiliario y, en general, todos los residuos que tienen la consideración de residuos urbanos municipales. De esta manera, tanto por procedencia como por composición constituyen residuos urbanos, por lo que son recogidos por los servicios municipales.
 - Grupo II.- Residuos sanitarios no específicos
Todos aquellos residuos resultantes de la actividad sanitaria asistencial (curas, análisis clínicos, intervenciones quirúrgicas, etc.) que no estén incluidos en la categoría de residuos biosanitarios específicos, es decir, que no se clasifique como Residuo Biosanitario Especial o de Clase III. Se incluyen residuos tales como: filtros de diálisis, tubuladuras, sondas, vendajes, gasas, guantes y otros desechables quirúrgicos, bolsas de sangre vacías y, en general, todo material en contacto con líquidos biológicos no clasificados como Clase III.
- Residuos Peligrosos
 - Residuos con riesgo biológico
 - Grupo III.- Residuos sanitarios específicos o de riesgo
 - Grupo IV.- Cadáveres y restos humanos de entidad
Todos los residuos que tienen capacidad potencial para producir contagio y que de eliminarse directamente como residuos urbanos, implicaría un aumento significativo del riesgo de infección para las personas expuestas o para el medio ambiente o éticos.

- Residuos con riesgo químico
 - Grupo V.- Residuos químicos
 - Grupo VI.- Residuos citostáticos
- Residuos caracterizados como peligrosos por su contaminación química o carácter citotóxico.

El grupo VII lo forman los residuos radiactivos, que se encuentran fuera del ámbito de la gestión ambiental

Condicionantes a la gestión en relación a la calidad del residuo

- Los residuos del Grupo I se gestionan como residuos urbanos, por lo que su gestión debe cumplir a todos los efectos el modelo de gestión de residuos urbanos.
- Los residuos de Grupo II, una vez generados no deben de someterse a operaciones de clasificación y recuperación y deben ser eliminados directamente.
- Los residuos de Grupos III deben ser gestionados como Residuos Sanitarios, gestores autorizados a tal efecto.
- Los residuos de Grupo IV son gestionados por la Policía Sanitaria Mortuaria.
- Los residuos de Grupo V y VI deben ser gestionados como residuos peligrosos por gestores autorizados.

Opciones de Gestión

Las opciones de gestión se limitan a las opciones intracentro y deben de orientarse a minimizar la generación de residuos de grupo II, III, V y VI, mediante la adecuada clasificación de los residuos.

Las opciones más importantes se encuentran en los residuos de Grupo I, II y III.

Los modelos de gestión de residuos tienden a aplicar lo que se denomina “Gestión Avanzada de Residuos Sanitarios” que argumenta que, usando criterios científicos en la cuantificación de los riesgos reales de transmisión de enfermedades infecciosas, sólo una pequeña fracción de los residuos procedentes de centros sanitarios entraña un riesgo sanitario. Estos deben de gestionarse como residuos de Grupo III.

De esta manera, en el Grupo II se encuentran residuos hospitalarios que no se consideran de riesgo. Estos residuos requieren una recogida específica, con el fin de llevarlos directamente al destino final para su eliminación. Con el fin de reducir costes y permitir la recuperación de materiales, es importante que los envases de los útiles sanitarios no se mezclen con los residuos de grupo II, sino que se integren a los residuos de grupo I, o incluso a la recogida selectiva de envases.

Se trata por tanto de aplicar los siguientes principios básicos:

- Clasificar adecuadamente los residuos sanitarios en función de su peligrosidad.
- Clasificar adecuadamente los residuos de envases y envoltorios, para destinarlos a reciclaje.
- Maximizar las precauciones y buenas prácticas durante el almacenamiento, manipulación y transporte intracentro de los residuos.
- Realizar la gestión o tratamiento adecuado en función de

la clasificación realizada y de acuerdo con los requerimientos de la normativa específica.

- Gestión de inventarios para evitar la caducidad de los medicamentos

Ficha nº 34

RESIDUOS DE MUNICIONES, PIROTÉCNICOS Y EXPLOSIVOS

LER 160401* 160402* 160403*

Normativa aplicable

Real Decreto 230/1998, de 16 de febrero.

Descripción

En la presente ficha se definen las estrategias de minimización de municiones, explosivos, así como fuegos artificiales usados, así como los residuos asociados a los mismos.

La gestión, recogida, transporte, almacenamiento, y destrucción de explosivos, pólvoras, artificios, incluida la vigilancia de estas actividades, está regulada por el Real Decreto 230/1998 que aprueba el Reglamento de Explosivos. Conforme al mismo su gestión deberá cumplir los siguientes aspectos:

- Los residuos de materias primas peligrosas o de productos explosivos producidos o utilizados en la fabricación serán depositados en recipientes que reúnan las debidas garantías de seguridad, donde se conservarán hasta el momento en que deban ser destruidos o reutilizados de forma adecuada y segura.
- La destrucción de materias y productos explosivos se realizará, en su caso, en lugares específicos debidamente acondicionados en función del procedimiento de destrucción que se utilice.
- Las instalaciones y los procedimientos utilizados en la destrucción de materias y productos explosivos deberán ser expresamente autorizados por el Delegado del Gobierno en la Comunidad Autónoma, previo informe del Área de Industria y Energía, la cual propondrá las condiciones específicas a las que deberán ajustarse las operaciones de destrucción.
- No se dará salida de la fábrica a residuos que puedan conservar propiedades explosivas sino sometiéndolas previamente al tratamiento técnico adecuado para hacerlos inertes, salvo que, adoptándose las adecuadas medidas de seguridad, sean enviados a otro lugar autorizado para su posterior tratamiento o destrucción.

Las oportunidades para la reducción de dichos residuos son el empleo de materiales menos tóxicos y biodegradables en la fabricación de municiones y explosivos, así como la correcta gestión de los mismos. Cabe destacar que la primera condición que se debe estudiar en la gestión de munición es la peligrosidad de su manejo así como la posibilidad de transportarla. Si esta opción no es posible, la única opción de tratamiento es la destrucción in situ del residuo.

Opciones de Gestión

TÉCNICAS DE SEPARACIÓN DE MATERIALES PARA LA RECUPERACIÓN

Para la correcta reutilización de las estructuras metálicas presentes en estos tipos de residuos es necesario aplicar técnicas de separación. Los métodos basados en separar el contenido explosivo de su envoltura metálica usados más comúnmente son los siguientes:

- Técnicas de fusión.
- Vaciado con agua a alta presión.
- Vaciado con disolventes.

- Técnicas de fusión
El uso de las técnicas de fusión está muy extendido en el campo de la extracción de explosivos y cargas de municiones. El ejemplo más común lo constituyen el TNT y sus derivados y para fósforo blanco. El TNT extraído se reutiliza frecuentemente en la producción industrial de explosivos para voladuras. El fósforo se funde a 42°C debe recogerse bajo el agua. El material recuperado conserva su valor comercial.

- Vaciado con chorro de agua a presión
Para ello se uso de un inyector de agua a alta presión. El chorro del inyector se dirige hacia la carga explosiva mediante una boquilla rotativa. El vaciado con chorro de agua a presión permite extraer cualquier tipo de carga explosiva de su carcasa metálica.
Las características del vaciado con chorro de agua a presión son:
 - El chorro de agua extraerá completamente toda clase de explosivos (no sólo los que hayan sido colados / no permanecerá ninguna capa de material explosivo en la munición).
 - Menor contaminación en las instalaciones; menos vapor de TNT significa mejores condiciones higiénicas de trabajo.
 - El agua utilizada en el proceso de vaciado se recicla (no existen problemas de aguas residuales).
 - Los explosivos pueden extraerse del agua para su reutilización.

- Vaciado con disolventes
Esta técnica se sirve de una sustancia disolvente capaz de disolver los explosivos con facilidad. Dado que la mayoría de explosivos, como el TNT y el RDX, no son solubles en agua (o sólo lo son mínimamente), deberán elegirse otro tipo de disolventes. Para disolver la mayoría de explosivos se usan disolventes tales como el cloruro de metileno, el alcohol metílico, la acetona o el tolueno. La técnica permite el reciclaje de los explosivos.
El vaciado con disolvente puede complementar otras técnicas de recuperación con el fin de descontaminar piezas metálicas sometidas a extracción del explosivo mediante fusión.

TÉCNICAS DE CONVERSIÓN

Existen también las siguientes técnicas experimentales para la conversión de residuos explosivos:

- Oxidación por agua supercrítica.
- Pirólisis por arco de plasma.
- Oxidación electroquímica.
- Biodegradación.

Estas técnicas en pequeña escala están diseñadas y se utilizan para tipos de residuos muy específicos.

- **Oxidación por agua supercrítica**
La oxidación por agua supercrítica (SCWO) u oxidación hidrotérmica, destruye residuos orgánicos tóxicos y peligrosos en un sistema compacto, totalmente hermético a elevada temperatura y presión.
- **Pirólisis por arco de plasma**
La tecnología de incineración por arco de plasma se desarrolló para eliminar residuos peligrosos. Los residuos orgánicos se destruyen completamente y los inorgánicos se convierten en una materia vítrea inerte. El proceso se desarrolla en el reactor de plasma donde el material es calentado por unas antorchas que producen un arco de plasma que alcanza muy alta temperatura (aproximadamente 20.000°C).
Los compuestos energéticos (explosivos, propulsantes y pirotécnicos) expuestos a una pequeña cantidad de oxígeno, se convierten en el interior del reactor de plasma en productos gaseosos por oxidación, que están compuestos principalmente de monóxido de carbono, dióxido de carbono y pequeños hidrocarburos tales como el metano, eteno y etano.
- **Oxidación electroquímica**
La tecnología, de reciente desarrollo, se basa en la naturaleza altamente oxidante de los iones de Ag^{2+} , que se generan haciendo pasar una corriente eléctrica a través de una solución de nitrato argéntico en ácido nítrico, dentro de una cuba electroquímica. Este proceso puede usarse para la neutralización de explosivos primarios tales como el nitruro de plomo y el trinitrorresorcinato de plomo.
- **Biodegradación**
La biodegradación puede emplearse para la eliminación sustancias orgánicas, tanto en procesos industriales controlados, como de forma extensiva utilizando el suelo como sustrato (landfarming).
La biodegradación no es recomendable para el tratamiento de residuos que contengan metales pesados.

TÉCNICAS DE DESTRUCCIÓN

En caso de que las técnicas de conversión no sean posibles, se em-

plearán técnicas de destrucción:

- Incineración/detonación a cielo abierto
- Incineración en espacios cerrados: ya sea en hornos rotatorios, incineradores de lecho fluidizado, hornos de solera móvil, cámara de detonación controlada, o instalaciones de descontaminación mediante gas caliente.

Ficha nº 35

RESIDUOS NO ESPECIFICADOS

LER	020199	020299	020399	020499
	020599	020699	020799	030199
	030399	040199	040299	050199
	050699	050799	060199	060299
	060399	060499	060699	060799
	060899	060999	061099	061199
	061399	070199	070299	070399
	070499	070599	070699	070799
	080199	080299	080399	080499
	090199	100199	100299	100399
	100499	100599	100699	100799
	100899	100999	101099	101199
	101299	101399	110199	110299
	110599	120199	160199	160799
	190199	190299	190599	190699
	190899	190999	191199	

Descripción

Esta ficha está referida al conjunto de residuos que se generan en menor medida en los procesos de producción o que no se relacionan con las operaciones características del proceso productivo.

Por este motivo suponen categorías de agrupamiento que no implican una tipología definida de los residuos incluidos en las mismas.

Oportunidades de Reducción y Gestión

Al consistir, los códigos terminados en “xx xx 99”, en categorías de agrupación de los residuos menos característicos o que en menor proporción se generan dentro de cada sector productivo suponen un conjunto heterogéneo no sólo para cada sector, sino dentro del mismo incluso de unas industrias a otras en función de su tecnología. Por tanto no se pueden establecer directrices específicas y deberemos atenernos a principios generales de buenas prácticas destinados a la prevención en su aparición.

Entre los principios de buena gestión que en cada caso deberán ser abordados en relación a la identificación particular de los residuos agrupados dentro de esta designación cabe mencionar:

- Favorecer la introducción de tecnologías de producción con menor consumo de materias primas y de generación de residuos.
- Aplicación de buenas prácticas operativas en relación al mantenimiento, manipulación, logística y gestión que favorezcan la prevención de la aparición de residuos por ex-

cedentes de materias primas no consumidas, caducidad de productos o almacenamientos inadecuados.

- Análisis de la posibilidad de unificación de los procesos auxiliares origen de dichos residuos con objeto de poder reducir la tipología, peligrosidad y cantidad de residuos generados en los mismos.
- Homogeneizar el tipo de materias primas al objeto de reducir la variabilidad en las tipologías de residuos que puedan ser clasificados como “residuos no especificados en otra categoría”.
- Identificar procesos que puedan ser origen de residuos “superfluos” para eliminar la aparición de estos últimos.
- Prevenir, tanto en la recogida como en el almacenamiento, la generación de mezclas que dificulten el reciclado, reutilización o tratamiento posteriores.
- Reducir la acumulación de residuos acuosos o lodos, favoreciendo la reducción de su humedad (por tanto reduciendo el volumen de residuos), el tratamiento de las aguas obtenidas y su reutilización.
- Identificar los productos que puedan conferir peligrosidad a los residuos y evaluar la posibilidad de reemplazarlos por compuestos sustitutivos inocuos, biodegradables o de menor peligrosidad.
- Favorecer el tratamiento de los compuestos no peligrosos presentes en los flujos de residuos con objeto a su destrucción.

Por otro lado, al ser esta una categoría de agrupamiento, es recomendable considerar sus características en comparación a residuos de carácter equivalente de otros sectores productivos de forma que se puedan identificar oportunidades de reciclado y reutilización presentes en otros sectores donde su generación es más significativa.

7.4

**OPORTUNIDADES
DE VALORIZACIÓN
Y OPERACIONES
DE ELIMINACIÓN**

Ficha nº 36

RESIDUOS PELIGROSOS VALORIZABLES ENERGÉTICAMENTE

LER	020108*	030104*	040216*	050105*
	050107	050108*	050111*	050112*
	050601*	050603*	070214*	070216*
	070413*	070513*	070607*	080121*
	080312*	080317*	080417*	080501*
	100327*	100329*	100402*	100409*
	100510*	100609*	100810*	100812*
	160504*	170301*	170303*	190208*
	190209*	191102*	191206*	191211*

Características sobre las que actuar para su valorización

La presente ficha tiene como objetivo describir las actuaciones en relación a los residuos que presentan propiedades combustibles que permiten la aplicación de operaciones de valorización que se pueden englobar en la categoría R1 - "Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía" del anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional. Como una de las propiedades esenciales de este conjunto de residuos es su aptitud para permitir su transformación en energía. Por lo que los residuos aportan una función útil (en que se fundamenta la valorización) al sustituir el uso de otros materiales que hubiesen podido emplearse para ese cometido.

Al ser la naturaleza de estos residuos de tipo peligroso las precauciones y restricciones a considerar en los métodos de valorización como combustible son más exigentes en relación a las tecnologías y mecanismos de depuración y control. Adicionalmente los procesos controlados de valorización energética favorecen la destrucción térmica de los componentes peligrosos de carácter combustible.

Oportunidades de valorización

A los efectos del tratamiento térmico de residuos, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo. Excepcionalmente podrá autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones en el Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015). A continuación se procederá a una somera descripción de las prin-

cipales técnicas de valorización energética, si bien alguna de ellas da preferencia a la destrucción térmica sobre la recuperación.

Estas técnicas son comunes para los residuos de carácter peligrosos y no peligrosos. En el caso de los de tipo peligroso, los procesos oxidativos de tratamiento térmico de valorización se fundamentan en que la eliminación del carácter peligroso del residuo debe lograrse mediante el empleo de temperaturas suficientemente altas.

En general a las condiciones de control para asegurar la eficacia de la destrucción ambientalmente segura de los contaminantes más críticos, debe considerarse los siguientes aspectos:

- Temperatura a alcanzar por los gases derivados del proceso de combustión o destrucción térmica que debe superar los 850°C a 1100°C (en función de las sustancias peligrosas) en condiciones de retención prolongada (superiores a 2 segundos), agitación y ambiente oxidante (presencia mínima de 6 % oxígeno).
- Mantenimiento de las condiciones de temperatura mediante quemadores que se activen automáticamente cuando la temperatura de los gases de combustión descienda por debajo de la temperatura de destrucción segura.
- Disponer de un sistema de corte de la alimentación del residuo en caso de que las medidas de control continuo de las emisiones indiquen la superación de los umbrales de control de los valores límites.

Las técnicas de valorización energética más comunes son las siguientes:

- Incineración/Co-Incineración.
- Hornos rotativos de fabricación de cemento.
- Gasificación.
- Plasma térmico.
- Oxidación catalítica.

- **COMBUSTIÓN**
Se define como la combustión con exceso de aire. En la co-incineración el residuo se mezcla con el combustible de proceso. En este caso la legislación europea no permite que el residuo aporte más del 40 % de la potencia. El rango de temperatura se encuentra entre 800 a 1.200°C. En el caso de la co-incineración se debe amoldar a la temperatura del proceso.

- **GASIFICACIÓN**
La gasificación es una oxidación parcial del combustible sólido para transformarlo en gaseoso. Consiste en transformar el combustible, o residuo, en gas o gases combustibles para su posterior valorización energética y tratamiento. Permite gran reducción del volumen y posibilidad de recuperación energética más eficiente que la incineración, así como reducidos caudales de gases a depurar. Como inconvenientes hay que citar la meticulosa depuración de los gases si estos deben introducirse en un equipo cogenerador.

La gasificación es un proceso térmico que convierte, mediante oxidación parcial a temperatura elevada, una materia combustible o residual en un gas de moderado poder calorífico.

Las combustiones, ya sean con defecto o con exceso de aire, son reacciones en estado gaseoso. De ahí que la gasificación tiene como finalidad transformar las sustancias combustibles sólidas en gaseosas.

Los gases resultantes son transformables en energía por los sistemas convencionales.

La depuración y limpieza de los gases es imprescindible para su uso posterior. Sin embargo esta etapa es más sencilla tanto por la calidad como cantidad de los gases generados.

Las etapas principales del proceso de gasificación son:

- Secado: Evaporación de la humedad contenida en el sólido.
- Craqueo: degradación térmica en ausencia de oxígeno.
- Gasificación: Oxidación parcial de los productos de pirólisis

• PLASMA TÉRMICO

Esta técnica consiste en la generación de una potente fuente de calor para concentrarlo en un punto y así elevar bruscamente la temperatura a valores cercanos, o superiores, a los 20.000°C.

La tecnología se basa en la concentración de mucha energía (105 w/cm²) en una zona reducida por medio de la ionización de un gas inerte (He, Ar o mezcla de ambos).

Posee gran eficacia en la destrucción térmica de residuos tóxicos ya que la alta energía rompe los enlaces. Otra ventaja es la posibilidad de trabajar en ausencia de oxígeno lo que impide la reformación de ciertos compuestos (dioxinas). Vitrificación a alta temperatura.

Como inconvenientes hay que destacar el elevado coste de inversión y explotación.

• OXIDACIÓN CATALÍTICA

El principio de funcionamiento de la oxidación catalítica consiste en el uso de catalizadores durante el proceso de combustión. Se usa para flujos gaseosos que no contienen sustancias que pueden inhibir el catalizador y cuando la concentración de sustancias combustibles (COV) es baja (<10 mg/Nm³) Mayores concentraciones ocasionan un aumento de temperatura en el catalizador que puede dañarlo. Es útil para corrientes gaseosa procedentes de industrias como:

- Instalaciones de pintura
- Imprentas, flexografía.
- Saneamiento de terrenos contaminados

Ficha nº 37

RESIDUOS NO PELIGROSOS VALORIZABLES ENERGÉTICAMENTE

LER	030310	040215	040217	050116
	050117	061303	070215	070217
	070514	080112	080118	080313
	080318	080410	090108	090110
	100125	100330	100511	100602
	100702	100811	100813	160505
	190210	191210	191212	

Características sobre las que actuar para su valorización

La presente ficha tiene como objetivo describir las actuaciones en relación a un conjunto de residuos que por presentar propiedades combustibles son aptos para poder ser tratados mediante operaciones de valorización que se pueden englobar en la categoría R1 - "Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía" del Anexo I B de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional).

Como una de las propiedades esenciales de este conjunto de residuos es su aptitud para permitir su transformación en energía. Por lo que el residuo aporta una función útil en función de que sustituye el uso de otros materiales que hubiesen podido emplearse para ese cometido, siendo esta la fundamentación de la operación de valorización energética.

A los efectos del tratamiento térmico de residuos, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo. Excepcionalmente podrá autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones en el Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015) Al ser la naturaleza de estos residuos y su procedencia muy variada, las oportunidades de minimización serán específicas para cada sector o industria. Cabe destacar la importancia de una correcta clasificación en origen, separación, almacenaje y transporte previos a la valorización energética para conseguir unos mejores rendimientos.

Oportunidades de valorización

A los efectos del tratamiento térmico de residuo, en la Comunidad Autónoma de Aragón se autorizará la valorización energética (R1) para los residuos que se contemplen en el Catálogo Aragonés de Residuos, según las prioridades y los criterios de interpretación establecidos en el mismo.

Excepcionalmente podrán autorizarse operaciones de valorización energética cuando no estén previstas en el Catálogo Aragonés de Residuos siempre y cuando se cumplan las condiciones especiales establecidas en el mismo. En cualquier caso, las operaciones de valorización energética deberán ajustarse a las determinaciones del Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón (2009-2015)

En la actualidad existen muchos sistemas de conversión energética que son usados en la valorización de residuos. El objetivo de todos ellos estriba en romper las largas cadenas de las sustancias orgánicas, bien por combustión, aprovechando el carácter exotérmico de la oxidación completa o bien conservando la energía para producir combustibles.

Las técnicas de valorización energética más comunes son las siguientes:

- Combustión
- Gasificación.
- Pirolisis.
- Hidrogenación.
- Oxidación catalítica.

- **COMBUSTIÓN**

La combustión se realiza con exceso de aire a temperaturas entre 800 a 1.200°C. Presenta como ventaja la gran reducción del volumen y posibilidad de recuperación energética.

- **GASIFICACIÓN**

La gasificación es una oxidación parcial del combustible sólido para transformarlo en gaseoso. Consiste en transformar el combustible, o residuo, en gas o gases combustibles para su posterior valorización energética y tratamiento.

- **PIRÓLISIS**

La pirólisis es un tratamiento térmico, en ausencia de aire, de un material para transformarlo en otros materiales más fáciles de tratar. Así pues no es tratamiento final sino una etapa intermedia. Un caso bien significativo es la pirólisis de neumáticos de Vehículos: el residuo sólido se transforma, según en nivel de temperatura, en una fracción gaseosa, otra líquida y otra sólida.

Es obvio que su utilización toma interés cuando los productos obtenidos son más fáciles de tratar o aprovechar que el original.

- **HIDROGENACIÓN**

La hidrogenación es una variante de la pirolisis en la que se introduce hidrógeno en el reactor durante el período de calentamiento. Desde la óptica medioambiental la diferencia con la pirolisis estriba en que los productos procedentes de la hidrogenación son hidrocarburos de cadena saturada, muy estables, lo que permite almacenar el producto resultante largo tiempo hasta su posterior tratamiento petroquímico. Metales y halógenos son liberados del residuo para pasar a formas hidrogenadas más

fáciles de tratar.

Como inconvenientes hay que resaltar los problemas de corrosión derivados del HCl y otros compuestos generados en el proceso

- **OXIDACIÓN CATALÍTICA**

El principio de funcionamiento de la oxidación catalítica consiste en el uso de catalizadores durante el proceso de combustión. Se usa para flujos gaseosos que no contienen sustancias que pueden inhibir el catalizador y cuando la concentración de sustancias combustibles (COV) es baja ($<10 \text{ mg/Nm}^3$) Mayores concentraciones ocasionan un aumento de temperatura en el catalizador que puede dañarlo.

Es útil para corrientes gaseosas procedentes de industrias como:

- Secadores en general
- Mataderos, etc.

Ficha nº 38

RESIDUOS DE PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL NO DESTINADOS A CONSUMO HUMANO (SANDACH)

LER	020101	020102	020106	020201
	020202	020203	020204	

Normativa aplicable

Reglamento (CE) nº 1069/2009, RD 1429/2003

El Real Decreto introduce la peculiaridad de extender el ámbito competencial en relación a la coordinación de su aplicación a los Ministerios de Agricultura, Pesca y Alimentación, y de Sanidad y Consumo relativo a los siguientes aspectos:

- Gestión de los subproductos animales y sus residuos generados en explotaciones ganaderas, en establecimientos y en industrias alimentarias.
- En lo que se refiere a la correcta expedición y traslado de dichos subproductos y sus residuos a los destinos permitidos por el Reglamento y el Real Decreto.
- En cuanto a la autorización de las instalaciones de destino comprendidas y al tratamiento en ellas de los subproductos o residuos (con excepción expresa de las instalaciones de incineración o co-incineración, vertederos, plantas de biogás y compostaje).

Descripción

En esta ficha se incluyen un conjunto de residuos relacionados con productos de origen animal relacionados con los "Subproductos Animales No Destinados al Consumo Humano" (SANDACH) y sus derivados. Entre las sustancias de origen animal sujetas a este ámbito de autorización, registro y gestión especial podemos relacionar los animales muertos y subproductos animales de todo tipo, incluyendo residuos generados en su manipulación. Condicionantes a la gestión en relación a la calidad del residuo El Real Decreto y el Reglamento sobre imponen, a la clasificación de los residuos en código LER, una clasificación propia en función de la peligrosidad potencial y riesgo sanitario que pudiesen suponer.

El reglamento supone una modificación específica de las directrices de gestión de residuos. Implica invertir la jerarquía de residuos de primero reutilizar, después valorizar y en último caso eliminar; a una estrategia de gestión que considera en primer término la eliminación y en segundo término la valorización (bajo estrictas condiciones de control y seguimiento). Dicha clasificación debe considerarse conjuntamente a los códigos europeos e implica restricciones a las opciones de gestión:

- Subproductos de Categoría 1: entrañan un alto riesgo y deben ser objeto de eliminación.

- Subproductos de Categoría 2: presentan un riesgo moderado y pueden tener una posibilidad de uso (valorización para el caso de residuos) restringida y que no permite el empleo en alimentación animal.
- Subproductos de Categoría 3: entrañan un nivel de riesgo mínimo y son los que presentan una mayor opción de uso (valorización y usos técnicos).

Opciones de Gestión

Las opciones de gestión quedan delimitadas por el tipo de categoría aplicable en función de del Reglamento y el Real Decreto:

- Residuos y subproductos pertenecientes a la categoría 1. Atendiendo a sus características de alto riesgo las opciones de gestión se orientan a la eliminación y uso restringido, identificándose:
 - Incineración y co-incineración con o sin procesamiento previo.
 - Esterilización, marcado y enterramiento en vertedero autorizado.
 - Uso como combustible con o sin procesamiento previo.
 - Uso para elaboración de productos derivados (salvo alimentos para animales de compañía).
- Residuos y subproductos pertenecientes a la categoría 2. El nuevo reglamento considera las siguientes opciones de eliminación y uso:
 - Fabricación de abonos/enmiendas orgánicas previa esterilización y marcado.
 - Compostaje/biogás previa esterilización y marcado (con excepción del estiércol, tubo digestivo y su contenido, leche, productos a base de leche, calostro, huevos y ovoproductos).
 - Aplicación directa a la tierra.
 - Si proceden de animales acuáticos, compost, biogás o ensilado (sin previa transformación).
- Residuos y subproductos pertenecientes a la categoría 3. Las estrategias de utilización o gestión consideradas incluyen:
 - Fabricación de alimentos crudos para animales de compañía.
 - Compostaje/biogás sin procesamiento previo (incluidos residuos de cocina).
 - Aplicación directa a la tierra (leche cruda, calostro y derivados).
 - Si proceden de animales acuáticos, compost, biogás o ensilado (sin previa transformación).
 - Si no ha sufrido degradación o descomposición que suponga un riesgo para la salud humana o animal se permite su procesamiento y uso en: piensos de animales de granja distintos de los de peletería, piensos para animales de peletería, piensos para animales de compañía y abonos o enmiendas orgánicas.

Ficha nº 39

RESIDUOS QUE CONTIENEN AMIANTO

LER	060701*	061304*	101309*	170601*
	170605*			

Normativa aplicable

Real Decreto 108/1991 de 1 de Febrero.

Real Decreto 396/2006, Directiva 2003/18/CE.

En este grupo se incluye un conjunto de códigos que engloban los residuos que contienen amianto. Esta características les confieren la clasificación de peligrosos y, en la práctica, suponen que su gestión implica operaciones de eliminación controlada englobadas en la categorías D5 - "Vertido en lugares especialmente diseñados" y D9 - "Tratamiento fisicoquímico no especificado" (que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante depósito) del Anexo I A de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional).

En relación a su identificación el amianto puede ser encontrado en las siguientes tipologías:

- Amianto a granel.
- Amianto en hojas o placas.
- Amianto trenzado o tejido.
- Amianto incorporado en productos de cemento (amiantocemento o fibrocemento).
- Amianto incorporado en distintas argamasas (resinas, betún, etc.).

El amianto presenta un conjunto de propiedades tecnológicas que inciden en su peligrosidad para la salud y persistencia en el medio ambiente:

- Estabilidad térmica: el amianto mantiene su integridad a altas temperaturas
- Resistencia química: es muy resistente a la mayoría de los productos químicos.
- No biodegradabilidad: una fibra mineral inorgánica no se puede descomponer por ningún organismo vivo como bacterias, hongos, roedores, etc.

Opciones de Gestión

La gestión (retirada y/o demolición de elementos de construcción o edificación (cubiertas, aislantes, elementos ignífugos, elementos prefabricados)) y retirada de residuos con presencia de amianto deberá ser realizada por una empresa registrada que deberá estar inscrita en el Registro de Empresas con Riesgo por Amianto (RERA), existentes en los correspondientes departamentos competentes de la Comunidad Autónoma, o en las Direcciones Provinciales de Trabajo y Seguridad Social de la Administración del Estado.

Durante su gestión para eliminación deberán guardarse las siguientes precauciones:

- El amianto o el material que lo contenga debe ser retirado cuidadosamente antes de cualquier operación general de derribo o desmontaje.
- El método de trabajo tendrá como principal objetivo evitar la liberación de fibras de amianto al ambiente para proteger la salud de los trabajadores implicados en la operación, otros trabajadores presentes en las instalaciones y de la población.
- No se usará ropa de trabajo o equipos de protección fuera del ámbito de las operaciones de retirada y gestión (comedores, desplazamientos, etc).
- Todos los residuos se embalaran en material plástico resistente e impermeable, herméticamente cerrados y se identificarán adecuadamente.

Denominación del Residuo:
RESIDUOS CONTIENEN AMIANTO



Código CER: **170601**

Código R0952: **Q5/D5/S40/C25/H7/A280/B19**

Fecha de envasado:

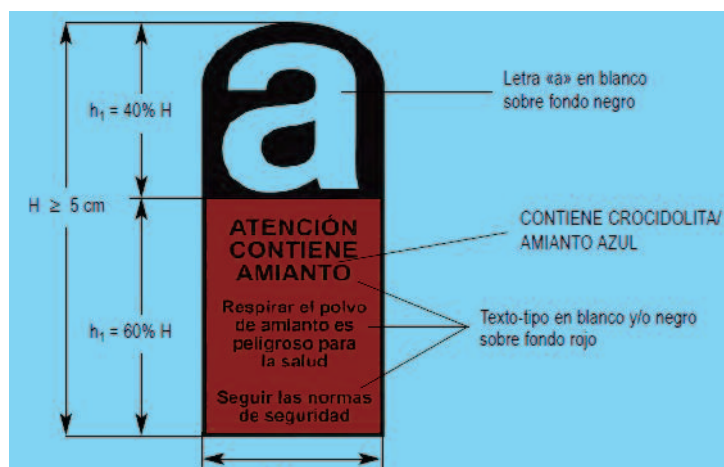
Empresa productor:

Dirección:

Localidad: Provincia: CP:

Teléfono: Aceptación nº:

Nº envases: Envase nº:



Ejemplos de etiquetado

- Los residuos solo de amianto deberán recogerse por separado.
- Se considerará residuo con amianto todo material desechable empleado durante el proceso de retirada (monos, mascarillas, etc).
- Su transporte deberá efectuarse en recipientes o medios cerrados.
- El plazo máximo de almacenamiento, previo a su gestión, es de 6 meses, debiendo estar almacenado en condiciones adecuadas e instalaciones que cumplan con la normativa vigente para su almacenamiento temporal
- Los traslados fuera de las instalaciones y al centro de eliminación autorizado deben organizarse de conformidad con los reglamentos nacionales sobre el transporte de mercancías peligrosas.

Las operaciones finalistas de eliminación que actualmente están más extendidas en la UE consideran:

- Tratamientos de vitrificación en plantas de gestión autorizadas.
- Depósito en vertederos de seguridad autorizados.
- Depósito en minas subterráneas autorizadas para instalaciones de seguridad para el vertido de residuos de amianto.

En Aragón ARAGERSA gestiona el servicio público de titularidad de la Comunidad Autónoma de Aragón relativo a la eliminación de residuos peligrosos mediante depósito en vertedero.

En sus instalaciones se aceptan los siguientes residuos de amianto:

- 06 07 01* Residuos de electrólisis que contienen amianto
- 06 13 04* Residuos procedentes de la transformación de amianto
- 10 13 09* Residuos de la fabricación de fibrocemento que contienen amianto
- 15 01 11* Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz sólida y porosa peligrosa (por ejemplo, amianto).
- 16 01 11* Zapatas de freno que contienen amianto
- 16 02 12* Equipos desechados que contienen amianto libre
- 17 06 01* Materiales de aislamiento que contienen amianto
- 17 06 05* Materiales de construcción que contienen amianto.

Ficha nº 40

RESIDUOS QUE CONTIENEN PCB/PCT

LER **130101**^{*(1)} **130301**^{*(1)} **160109**^{*(1)}
160209^{*(1)} **160210**^{*(1)} **170902**^{*}

⁽¹⁾ Los residuos de PCB ligados a estos códigos pueden generarse como resultado de su extracción dentro de procesos de recuperación y valorización de otros residuos o incluso (cuando la concentración en PCBs no supere los 50 ppm) gestionarse conjuntamente con estos.

Normativa aplicable

R.D. 1378/1999, de 27 de agosto

R.D. 228/2006, de 24 de febrero

Reglamento (CE) nº 850/2004, Directiva 96/59/LE

En este grupo se incluyen los residuos que contienen policlorobifenilos (PCB) también designados como “piralenos” y policloroterfenilos (PCT), por que presentan la clasificación de peligrosos y requieren que su gestión se realice mediante operaciones de descontaminación y eliminación. Los policlorobifenilos (PCB) y policloroterfenilos (PCT) pertenecen al grupo de los compuestos orgánicos persistentes (COPs) siendo objeto del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, el Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo y el Reglamento 850/2004, sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes laborado con tal finalidad.

Para estos compuestos está establecida su prohibición, fomentándose (a nivel internacional) el establecimiento de las medidas jurídicas y administrativas para extender esta prohibición a su producción, utilización, exportación e importación (admitiendo éstas últimas sólo para casos en que su destino sea su destrucción de manera que se asegure la protección de la salud humana y el medio ambiente).

Los compuestos (agrupados genéricamente bajo el término PCBs) que están sujetos a dichas disposiciones son los siguientes:

- Policlorobifenilos (estrictamente PCB).
- Policloroterfenilos (PTC).
- Monometiltetraclorodifenilmetano.
- Monometildiclorodifenilmetano.
- Monometildibromodifenilmetano.
- Las mezclas cuyo contenido total de las sustancias anteriormente mencionadas sea superior a 0,005% en peso (50 ppm).

Como equipos en los que la aplicación de PCBs fue habitual, cabe relacionar los siguientes:

- Transformadores eléctricos.
- Resistencias, inductores, condensadores eléctricos y arrancadores.
- Equipos con fluidos termoconductores o aceites dieléctricos.
- Equipos subterráneos de minas con fluidos hidráulicos.
- Recipientes que contengan cantidades residuales que no hayan sido descontaminados por debajo de 50 ppm de PCB.

Directrices de Gestión

La normativa desarrollada, así como el Plan Nacional de descontaminación y eliminación de PCB/PCT aprobado en 2001 y su actualización recogida en el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2008-2015, preveían la eliminación progresiva de los PCBs y de los aparatos (o su descontaminación hasta límites inferiores a 50 ppm) que los contuviesen en función de la fecha de su puesta en servicio. Dentro de un primer grupo considera a los aparatos consistentes en: los transformadores eléctricos con concentración de PCB superior a 500 ppm, los restantes tipos de aparatos con concentración de PCB igual o superior a 50 ppm y la de los PCB contenidos en los mismos. En relación a la gestión de estos compuestos y su residuos se deberá realizar por parte de un gestor autorizado y consideran dos tipos de actuaciones:

- Operaciones de Descontaminación.
- Operaciones de Eliminación.

- Descontaminación
Las operaciones de descontaminación están orientadas a los aparatos, recipientes o compuestos que hubiesen podido emplear o contener PCB. Consideran aquellas operaciones que permiten la reutilización de los aparatos, objetos, materiales o fluidos que contenían PCB para permitir su reutilización, reciclado o valorización en condiciones seguras para la salud humana y el medio ambiente, incluyendo la extracción de los PCB y sustitución por fluidos adecuados que no contengan PCB.

- Eliminación
La legislación determina los tratamientos de eliminación de los PCB mediante las operaciones de eliminación controlada englobadas en la categorías del Anexo I A de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional):
 - D8 - “Tratamiento fisicoquímico no especificado” (que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante depósito).
 - D9 - “Tratamiento fisicoquímico no especificado” (que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante depósito).
 - D10 - “Incineración en tierra”.
 - D12 - “Depósito permanente” (sólo para aparatos que contengan PCB y PCB usados que no puedan ser descontaminados, en un lugar de almacenamiento seguro, profundo, bajo tierra y que constituya una formación rocosa seca).
 - D15 - “Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones enumeradas” (distinto de del almacenamiento temporal en el lugar de producción, previo a su recogida).

Los poseedores de PCB, de PCB usados y aparatos con PCB inventariados deberán entregarlos a un gestor autorizado cuando se proceda a su descontaminación o eliminación.

La descontaminación o eliminación de transformadores con un volumen de PCB superior a 5 decímetros cúbicos y concentración superior a 500ppm de PCB en peso, así como de resto de aparatos con un volumen de PCB superior a 5 decímetros cúbicos, y de los PCB contenidos en los mismos se efectuará antes del 1 de enero del año 2.011.

Ficha nº 41

RESIDUOS OBJETO DE OPERACIONES DE ELIMINACIÓN

LER	020302	020602	040101	040103*
	040108	040109	060802*	100315*
	100328	100410	100508*	100509
	100610	100707*	100708	100819*
	100820	100913*	100914	100915*
	100916	101013*	101014	101015*
	101016	110113*	110114	110203
	110205*	110206	110301*	110302*
	110503*	110504*	120120*	120121
	161002	161003*	161004	190107*
	190117*	190118	190203	190204*
	190205*	190211*	190304*	190305
	190306*	190307	190403*	190703
	190808*	190811*	190812	198013*
	190814	191003*	191004	191105*
	191107*			

En este grupo de códigos LER se incluyen el conjunto de categorías que presentan características que dificultan la aplicación de operaciones de valorización por lo que se vinculan a operaciones de eliminación de acuerdo a las diferentes categorías relacionadas por el Anexo I A de la orden MAM/304/2002, de 8 de febrero que la traspone al derecho nacional.

Opciones de Gestión

Las características de estos residuos y las dificultades tecnológicas para poder incluirlos en procesos de valorización implican que las estrategias a fomentar deben dirigirse a actuaciones de minimización y gestión que prevengan su aparición, su utilización o reduzcan en origen la cantidad de residuos de este tipo que se pudiesen generar. Estas estrategias de minimización en la prevención de su aparición y reducción de su cantidad deben orientarse a:

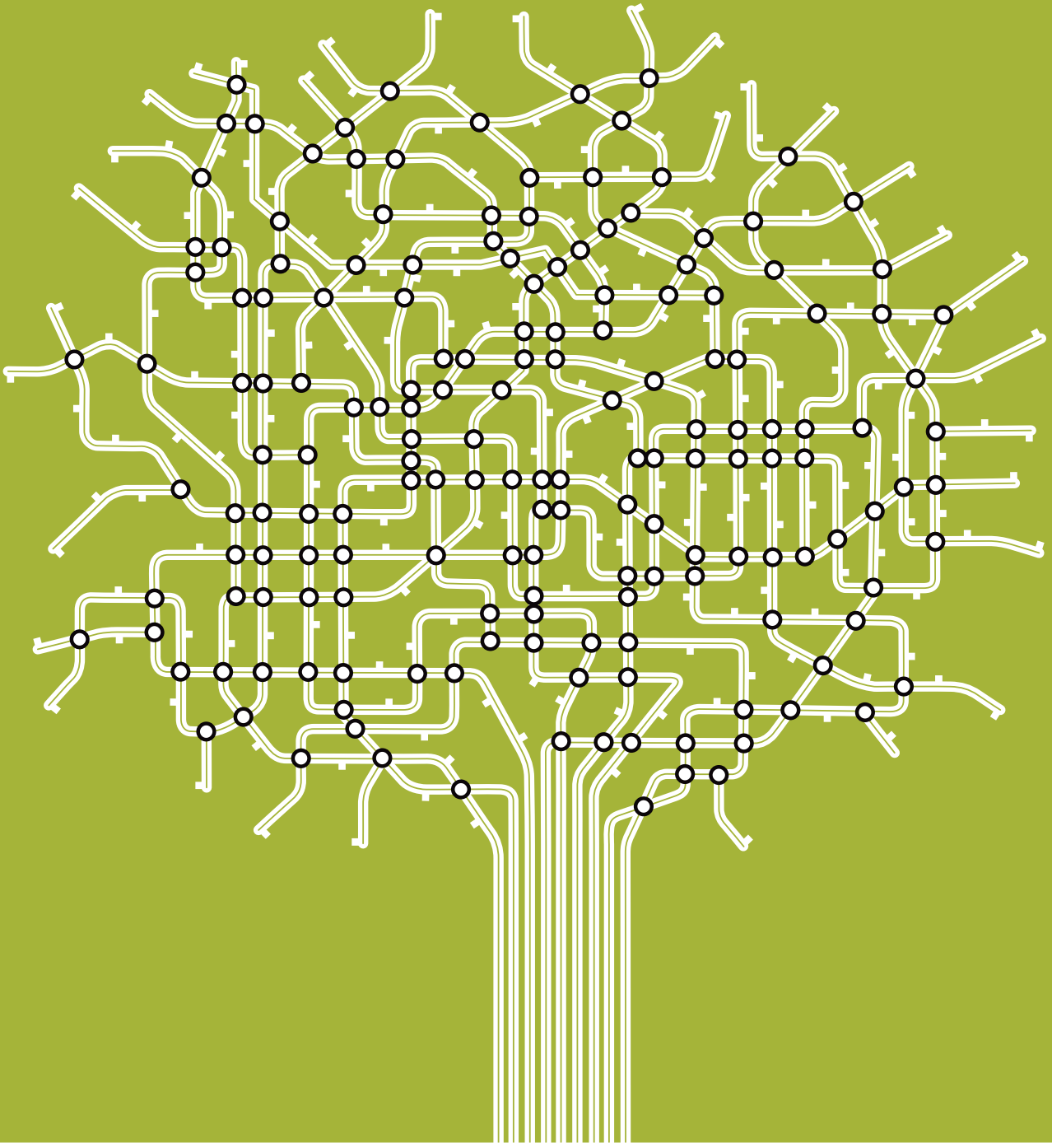
- Eliminación de productos que contengan sustancias peligrosas, o sustitución por productos inocuos al medio ambiente, biodegradables, reciclables o de menor peligrosidad.
- Favorecer la selección y utilización de procesos tecnológicos que favorezcan propiedades físicas y químicas de los productos que permitan soportar una mayor vida útil, en condiciones de uso normalmente previsibles, antes de la incorporación al flujo de residuos.
- Aplicar buenas prácticas de gestión, operación, aplicación de productos y almacenamiento que prevengan la aparición de residuos por caducidad de materias primas o apa-

rición de productos defectuosos.

- Identificación, análisis y evaluación de procesos de producción para la mejora de las tecnologías empleadas, o sustitución, con objeto de reducir el empleo de productos que originan residuos potencialmente no valorizables.
- Prevenir la mezcla de residuos (segregación) o su contaminación por productos de carácter peligroso.

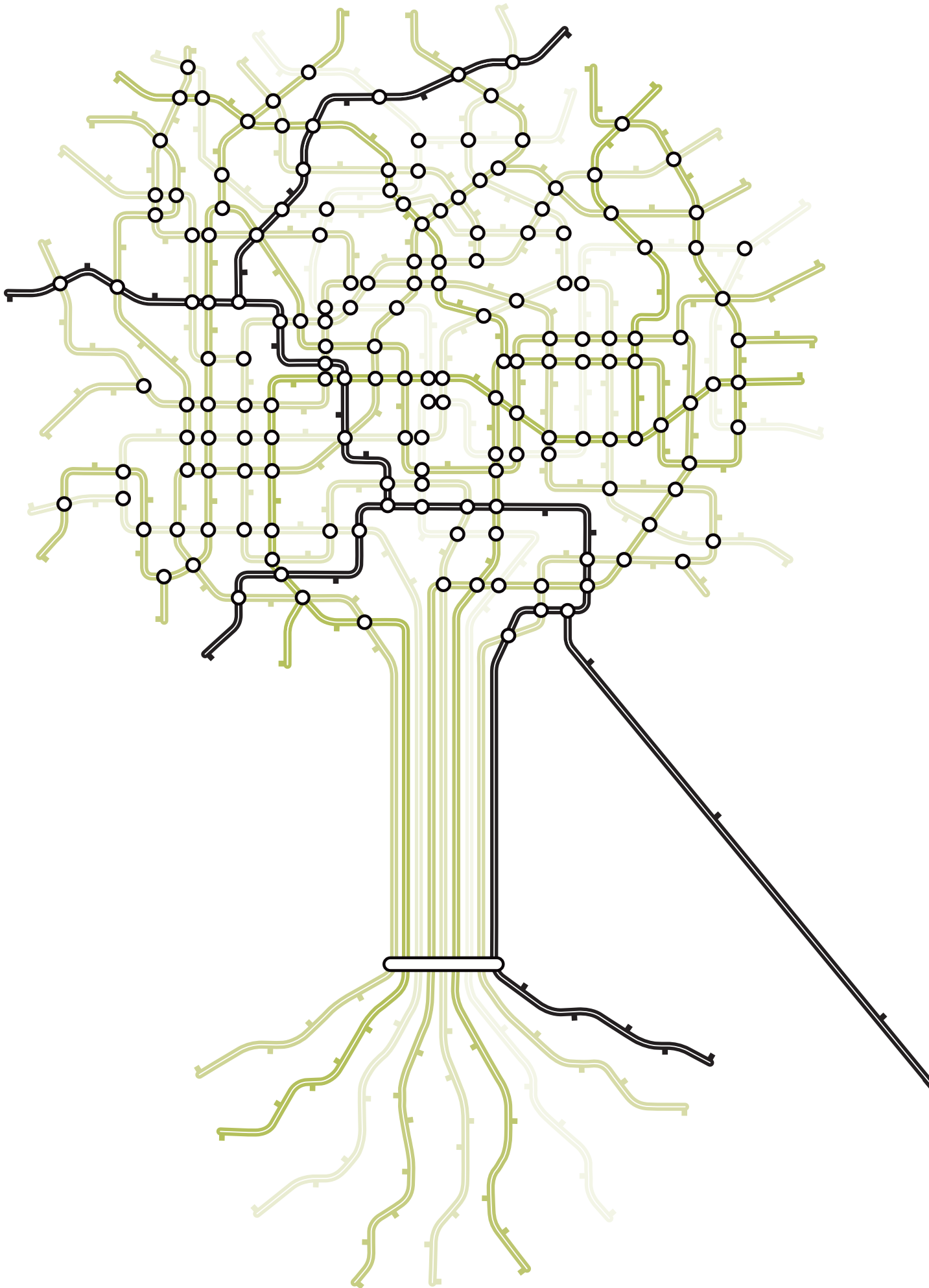
Tras la implantación de estrategias de minimización en origen, sobre aquellos residuos de este tipo que no han podido ser objeto de reducción conviene la aplicación de buenas prácticas de manipulación y pretratamiento con el objeto de reducir peligrosidad y la cantidad de residuos de carácter peligroso. Entre estas estrategias de prevención podemos enumerar:

- Aplicación de técnicas de pretratamiento de los residuos con objeto de la eliminación o separación de los componentes que confieren el carácter de peligroso.
- Segregación de la fracción no peligrosa de los residuos pretratados y revisión de las posibilidades de reintroducción en flujos de residuos sujetos a potenciales operaciones de valorización o reutilización (p.e. tratamiento y separación de agua de refrigeración).





CASOS DE ESTUDIO



8.1

SELECCIÓN DE CASOS

La selección de los casos de estudio se ha realizado en base al listado de residuos industriales no peligrosos y residuos peligrosos generados en Aragón, ordenándolo de mayor a menor generación. El listado incluye también el número de productores para cada residuo.

A partir de esta lista se han seleccionado 10 residuos, siguiendo los siguientes criterios:

- Cantidad de residuo generado en Aragón (dando preferencia a mayor cantidad).
- Residuo generado por un número relevante de productores.
- Residuo generado en procesos productivos convencionales (no en procesos calificados como MTD), de manera que puedan existir oportunidades de mejora.
- Residuo con múltiples aplicaciones útiles.
- Residuo con materiales o componentes solicitados en el mercado del reciclaje.
- Residuo con materiales o componentes sobre los cuales existe experiencia de minimización y reciclaje.

El trabajo de elaboración de casos de estudio se ha planteado en 3 fases:

- Determinación de los 10 casos de estudio: Se han evaluado las posibilidades de elaborar casos de estudio para los residuos de mayor generación en Aragón.
- Estudio de bibliografía y de casos reales en Aragón.
- Redacción de los casos de estudio.

Los residuos elegidos se muestran en la siguiente lista:

- 1 Cenizas volantes de carbón.
- 2 Virutas, recortes, madera desechada, restos de tablas y chapas.
- 3 Residuos cálcicos de reacción, en forma sólida, procedentes de la desulfuración de gases de combustión.
- 4 Polvo y partículas de metales féreos.
- 5 Escorias no tratadas.
- 6 Polvo y partículas de metales no féreos.
- 7 Cenizas volantes que contienen sustancias peligrosas.
- 8 Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas.
- 9 Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.
- 10 Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas

8.2

CASO 1: CENIZAS VOLANTES DE CARBÓN

Código LER y denominación del residuo

Orden MAM 304/2002
Código LER 10 01 02
Descripción Cenizas volantes de carbón

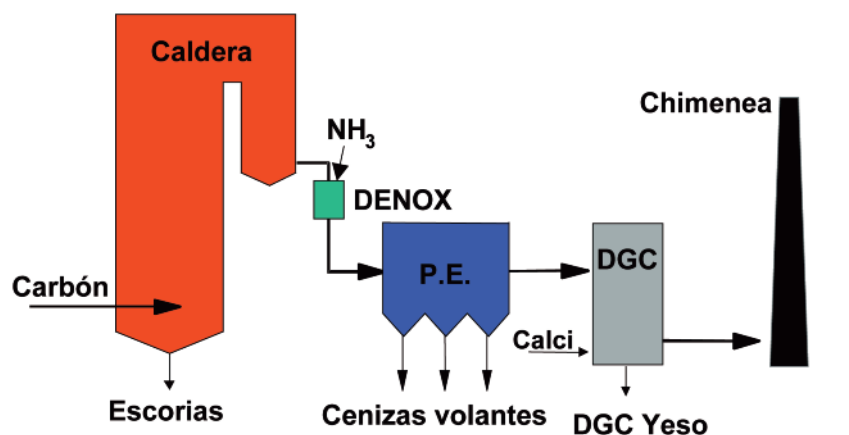
Este residuo se ha seleccionado ya que cuenta con una alta producción en Aragón a pesar de ser un número reducido de productores y además existen diversas posibilidades para su utilización.

Descripción del proceso

En las centrales termoeléctricas de carbón se generan residuos inorgánicos debido a la presencia de una fracción mineral en el carbón (escorias, cenizas volantes, escorias de caldera). Casi todos los residuos se producen en las calderas donde los procesos de combustión alcanzan temperaturas entre 1100 y 1400° C.

Asimismo, en centrales que cuentan con unidades de desulfuración, se obtiene un residuo generado a partir de la reacción química que ocurre entre el SO₂, proveniente del proceso de combustión, y un adsorbente de carbonato cálcico. Este residuo se extrae por separado y cuenta con una vía distinta de valorización.

El proceso se muestra en la figura 1.



P.E. = precipitación electrostática
DGC = desulfuración de gases de combustión

Figura 1
Producción de productos de centrales térmicas de carbón (PCTC)

En una central térmica de carbón o de lignito se inyecta carbón pulverizado en la cámara de combustión de la caldera, donde a temperaturas de hasta 1400°C se efectúa la combustión, quedándose cenizas en forma de partículas mineralizadas que, después de un momento de residencia de varios segundos, salen de la caldera con el gas de combustión.

El gas de combustión que contiene las cenizas volantes es retirado de la caldera y dirigido hacia una unidad de desnitrificación (si la hay). A continuación, este gas entra en una unidad de filtración, normalmente un filtro electrostático, donde las cenizas volantes se extraen del gas de combustión.

El control de calidad de las cenizas volantes (asumiendo que se quieren destinar a un uso que requiere alta calidad), tiene lugar entre el filtro y los silos de almacenamiento. Dependiendo de los resultados del monitoreo, se regula el proceso de combustión y se clasifica el material por tamaños determinados.

Los silos de almacenamiento, además servir para clasificar el material por tamaños, también son útiles para diferenciar material de distinta calidad (conformidad o no conformidad con los estándares).

Descripción y caracterización del residuo

Las cenizas volantes son un material que consiste principalmente en partículas vítreas fundidas de forma esférica con una superficie lisa. Son partículas muy finas que en conjunto se perciben de color gris oscuro. Dependiendo del carbón de origen, se distingue entre cenizas volantes silicícolas y calizas. Sus principales componentes son sílice, aluminio y hierro, y también (en cenizas volantes calizas) calcio u óxido de calcio.

La composición de cenizas volantes silicícolas corresponde a la misma naturaleza del pozzolan (cenizas volcánicas), mientras que las cenizas calizas contienen además fases minerales hidráulicamente activas. Una propiedad especial de las cenizas volantes silicícolas es su reactividad puzolánica, es decir, su capacidad para reaccionar con cal y agua a temperatura ambiente para dar fuerza a las fases minerales similares a las de cemento de Portland. Dada su pureza, distribución granulométrica y reactividad puzolánica, las cenizas volantes de carbón se utilizan en su mayoría en materiales de construcción, para mejorar sus propiedades técnicas reemplazando al cemento.

Las cenizas volantes de carbón pueden incluso utilizarse en hormigón de alta calidad para obra civil, ya que no solamente puede otorgar al hormigón mayor resistencia y durabilidad, sino también protección más elevada contra sustancias agresivas.

Descripción del caso

En un país del norte de Europa, se produjeron unas 810.000 toneladas de cenizas volantes en centrales térmicas de carbón durante el año 2007. En la siguiente tabla se muestran los fines útiles que se le dio a este material.

Destino	Cantidad (toneladas)
Cemento y hormigón	506.139
Fabricación de cemento	88.054
Agregado en asfalto	38.737
Fabricación de ladrillo	46.068
Relleno en obras civiles fuera del país	199.387
Total*	878.385

* El total es mayor que la producción de cenizas volantes en 2007. Se utilizaron reservas del año precedente.

Estas cifras son el resultado de años de trabajo. En 1982, las centrales térmicas de carbón en dicho país fundaron la Unión de Cenizas Volantes, cuyo objetivo era comercializar los materiales producidos en sus instalaciones. La entidad también gestiona el control de calidad y tamaño de éstos residuos, logrando la comercialización del 100% del material durante los últimos diez años.

Existen requisitos de calidad adicionales que dependen del uso específico que se pretenda dar a las cenizas.

- Material adicional en hormigón: EN 206-1¹.
Las cenizas volantes se utilizan como una adición al hormigón en diversas proporciones dependiendo del diseño de mezcla individual. Las propiedades del hormigón mejoran, reduciendo su calor de hidratación, aumentando su durabilidad y su resistencia a ataques químicos. Las cenizas volantes pueden reemplazar al cemento hasta cierto punto, siempre y cuando sean generadas bajo los procesos descritos en EN 450-1² y EN 450-2³.
- Relleno en construcciones de carreteras: Legislación nacional. Las cenizas volantes también son utilizadas en capas bituminosas y en sub-bases de carreteras debido a sus características hidráulicas similares a las del cemento. Los requisitos de calidad relevantes se encuentran en hojas de instrucción y requisitos técnicos emitidos por autoridades nacionales y por estándares europeos y nacionales (EN 13282⁴).
- Producción de cemento
Las cenizas volantes se utilizan como componente de materia prima (sustituto de arcilla) en la producción de cemento clinker o como componente principal en la producción de cemento de cenizas volantes de Portland o cemento compuesto de Portland. Para ser utilizadas como componente de materia prima deben cumplir requisitos específicos del productor de cemento, y para la producción de cemento mezclado deben cumplir los requisitos de EN 197-1⁵.

1 EN 206-1 Concrete-Part 1: Specification, performance, production and conformity, 2000
 2 EN 450-1 Fly ash for concrete-Part 1: Definition, specifications and conformity criteria, 2005
 3 EN 450-2 Fly ash for concrete-Part 3: Conformity evaluation, 2005
 4 EN 13282 Hydraulic Road Binders, Composition, specifications and conformity criteria, 2009
 5 EN 197-1 Cement-Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements, 2009

- Bloques de hormigón: Regulación nacional.
Rellenos, como por ejemplo relleno de agujeros, canteras y obras de minas subterráneas: Según reglamentación nacional de las autoridades de minería.
- Producción de ladrillos: Regulación nacional.
- Aplicación en terraplenes y obras paisajísticas
En terraplenes y obras paisajísticas las propiedades mecánicas de las cenizas volantes se utilizan para establecer y mejorar sub-bases de carretera (terraplenes), para construir barreras de ruido y para mejora de suelos.
- Producción de mortero, suelos de mortero, escayolas y productos para la ingeniería minera y la ingeniería civil: Estándares y regulaciones nacionales

De acuerdo con la curva de demanda de energía y el uso estacional de centrales térmicas de carbón, las cenizas volantes se producen en gran parte durante los meses más fríos del año. Este periodo coincide con el de mayor estanqueidad de la actividad de la industria de la construcción. Por esta razón se construyen silos con capacidad de hasta 60.000 toneladas en algunas centrales térmicas para así proporcionar instalaciones de almacenaje provisional seco de cenizas volantes antes de su uso. En algunos casos, se almacenan durante el invierno cenizas volantes con certificación especial en un estado húmedo, las cuales pasan por un re-secado en instalaciones separadas en verano, para su uso en la industria de materiales de construcción.

A continuación se muestran dos fotografías de cenizas volantes provenientes de centrales térmicas de carbón.



Obra civil con ceniza volante de carbón (2005)



Foto de detalle de ceniza volante de carbón

Bibliografía

- Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, July 2006
- Case Study for the Commission's Communication on By-products and for Guidance on the Revised Waste Framework Directive, June, 2006, Eurelectric & European Coal Combustion Products Association
- Informe anual de la Unión de Cenizas Volantes de Holanda, 2007 (en holandés)

8.3

CASO 2: VIRUTAS, RECORTES, MADERA DESECHADA, RESTOS DE TABLAS Y CHAPAS

Código LER y denominación del residuo

Orden	MAM 304/2002
Código	LER 03 01 05
Descripción	Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas sin sustancias peligrosas

Este residuo se ha seleccionado debido a su alta generación en Aragón y a las diversas vías de utilización que pueden encontrarse para este material. Si se tienen en cuenta todas las posibilidades de prevención, reutilización y reciclaje que existen para este material, se podría afirmar que llevar este residuo a vertedero es absolutamente innecesario, a excepción de los casos en que se encuentra contaminado con sustancias peligrosas.

A continuación se describen las posibilidades de valorización que existen para este residuo según casos reales.

Descripción del proceso

Los residuos de madera provienen de cualquier industria del sector de la madera, según la siguiente línea de proceso:

- Apeo, corte o tala: En este proceso intervienen los leñadores o la cuadrilla de operarios que con hachas o sierras mecánicas, talan el árbol, cortan sus ramas y raíces, y retiran su corteza para que empiece el proceso de secado. Se suele recomendar que los árboles sean talados otoño o invierno. Los restos de tala suelen quedarse en el monte.
- Transporte: La madera es transportada desde su lugar de tala hacia el aserradero. Esta fase está condicionada por múltiples factores como la orografía y la infraestructura disponible, por ejemplo.
- Aserrado: En los aserraderos la madera se divide en trozos según el uso que se pretenda darle. Se suelen utilizar diferentes tipos de sierra como la sierra alternativa, de cinta, circular ó con rodillos. Algunos aserraderos combinan varias técnicas para mejorar su producción. En esta fase se genera gran parte de los residuos en cuestión.
- Secado: Este proceso determina en gran medida la calidad del producto.

Después de la fase de secado, la madera es transportada a diversas industrias que utilizan este material como materia prima. A continuación se presentan los destinos más comunes:

- Fabricación de tableros: Estos productos tienen cada vez más demanda en los talleres de carpintería y ebanistería para su trabajo diario. Los más cotidianos son:
 - Aglomerados: Se obtiene a partir de virutas o serrín, encoladas a presión en una proporción de 50% vi-

rutas y 50% cola. Se fabrican diferentes tipos y calidades, variando el tamaño de partícula, la distribución en el tablero, la densidad y el adhesivo empleado para su elaboración. Por lo general se emplean maderas blandas ya que estas ofrecen mayor facilidad en su manipulación y en su prensado. Los aglomerados son materiales estables y de consistencia uniforme, tienen superficies totalmente lisas y resultan aptos como bases para enchapados. Los diferentes tipos de aglomerado son:

- Aglomerados de fibras orientadas: Material de tres capas, a base de virutas de gran tamaño, colocadas en direcciones transversales que simulan el efecto estructural del contrachapado.
 - Aglomerado decorativo: Se fabrica con caras de madera seleccionada, laminados plásticos o melamínicos.
 - Aglomerado de tres capas: Cuenta con una placa núcleo formada por partículas grandes que van dispuestas entre dos capas de partículas más finas de alta densidad. Su superficie es más suave y recomendada para recibir pinturas.
 - Aglomerado de una capa: Se fabrica a partir de partículas de tamaño similar distribuidas de manera uniforme. Su superficie es relativamente basta. Es recomendable para enchapar pero no para pintar directamente sobre él.
-
- Contrachapado: Para contrarrestar la inestabilidad y los movimientos de contracción y dilatación que puede experimentar un tablero o lámina de madera maciza, los contrachapados se construyen pegando las capas con las fibras transversalmente una sobre la otra, de manera alterna. La mayoría de los contrachapados se elaboran con un número impar de capas, lo cual permite formar una construcción equilibrada. Las capas exteriores de un tablero se denominan caras y la calidad de éstas se califica por un código de letras que utiliza la A como la mejor calidad, la B como calidad intermedia y la C como la menor calidad.
 - Tableros de fibras: Los tableros de fibras se construyen a partir de maderas que han sido reducidas a sus elementos fibrosos básicos y posteriormente reconstituidas para formar un material estable y homogéneo. Se fabrican de diferente densidad variando la presión aplicada y el aglutinante empleado. Se pueden dividir en dos tipos principales: los de alta densidad, que utilizan aglutinantes presentes en la misma madera, que a su vez se dividen en duros y semiduros, y los de densidad media, que se elaboran con agentes químicos aglutinantes ajenos a la madera.

- Chapas: Se denomina chapa precompuesta a una lámina delgada de madera que se obtiene mediante la laminación de un bloque de chapas a partir del borde del bloque, es decir, a través de las capas de madera prensadas juntas. Las tiras de las chapas originales se convierten en el “grano” de la chapa precompuesta, obteniéndose un grano que es perfectamente recto y homogéneo. Al manipular el contorno de las láminas que se han de prensar, se pueden obtener diversas configuraciones y aspectos. Las láminas constituyentes pueden ser teñidas antes de unir las.
- Fabricación de elementos de construcción de madera: Esto incluye la producción de elementos de madera para la construcción, incluyendo ventanas, puertas, parquet, vigas, correas, etc.
- Fabricación de embalajes de madera: Producción de cajas y palets.
- Fabricación de muebles: Este importante sector incluye la fabricación de todo tipo de muebles que contienen madera, como por ejemplo armarios de comedor, muebles de dormitorio, cocina, mobiliario de oficina, sofás, sillas, etc.
- Fabricación de cepillos, pinceles y lápices
- Ebanisterías.
- Otras actividades: Otras actividades que producen restos de madera, como por ejemplo la fabricación de marcos.

Nota: los restos de madera provenientes de la construcción y demolición no forman parte de este tipo de residuos y se agrupan bajo el código 17 02 01.

Descripción y caracterización del residuo

Se trata de restos de madera, en general pequeños, procedentes de la elaboración de madera. Pueden ser virutas, recortes, madera desechada, restos de tablas y chapas, agrupado en el código LER 03 01 05. Los mismos residuos contaminados con sustancias peligrosas tienen el código LER 03 01 04. El serrín no forma parte de este grupo de residuos, perteneciendo al código LER 03 01 02.

Descripción de los casos

Técnicas de minimización

Existen varias maneras de minimizar la cantidad de residuos de madera. Se pueden distinguir las siguientes medidas de minimización:

Medidas de minimización	Efecto
Compra de madera de buena calidad, optimización de mediciones de la madera comprada e incluso compra de madera hecha a medida.	o/+
Reutilización de madera de embalaje.	o/+
Minimización de la compra de madera conservada teniendo en cuenta la técnica de conservación (preferencia hacia conservación ecológica).	o/+
Adaptación del diseño de tal manera que se eviten grandes pérdidas de material (por ejemplo, evitar pulir las partes que no se ven).	o/+
Optimización de la programación para minimizar los restos de madera generados al cortar tableros o perfiles de madera (Al cortar los perfiles se puede obtener un ahorro de 3-5%. Al cortar tableros se puede obtener un ahorro de 10-30%).	++
Optimización del proceso de secado de la madera. De esa manera se evitarán pérdidas por combadura del material y otros errores del proceso de secado.	++
Separación de los restos de madera según su función: reutilización directa de los trozos de madera, reciclaje de otros materiales y valorización energética (Elegir el destino óptimo también aumenta la concienciación del personal involucrado).	+

Técnicas de reutilización

Existen varias maneras de reutilizar los restos madera. Se pueden distinguir las siguientes medidas de reutilización:

Medidas de reutilización**Efecto**

Reutilización de restos de madera a través de la técnica llamada uniones Finger Joint. Con esta técnica se pueden fabricar tableros a partir de trozos pequeños de madera. Para esto se utiliza una máquina Finger Joint, que existe ya para varios tamaños y capacidades.



+ / ++

Ejemplos de la unión Finger Joint con madera.

Primero se sierran los perfiles necesarios y se unen con pegamento. De esta manera se pueden fabricar trozos “interminables”. Siempre que la técnica esté bien ejecutada, el material resultante puede tener la misma resistencia que la madera maciza.

Con esta técnica se puede evitar la generación de hasta el 80% de restos de madera.

Reutilización de restos de enchapado a través de una máquina de unir trozos de enchapado. Se puede utilizar esta técnica + / ++ para la fabricación de enchapado y la fabricación de tableros.

Reutilización de restos de madera para otras finalidades, como por ejemplo material de embalaje y aplicación de pequeños trozos de madera. + / ++

Técnicas de reciclaje

Existen varias vías para el reciclaje de restos de madera. Se pueden distinguir las siguientes medidas:

Medidas de reciclaje	Efecto
Reciclaje externo de restos de madera en el sector de tableros como tableros de fibras de madera o conglomerados.	++
Reciclaje de serrín y trozos de madera triturados como mejora de suelos, substratos en invernaderos, relleno para biofiltros y material de absorción.	++
Reciclaje de serrín y trozos de madera en la fabricación de papel y cartón	++

Reciclaje de restos de madera para la fabricación de material aislante aprovechando el bajo coeficiente de conducción térmica de este material.

Una posibilidad es la trituración de los trozos de madera. Con el prensado de las fibras con un porcentaje de 95% de agua y lignina se forma un tablero. Después se seca en un horno para formar tableros de baja densidad para el aislamiento térmico. Están descritos en la normativa europea EN 13171.



++

Foto: tablero de baja densidad

Reciclaje de restos de madera como relleno en tableros de fibras de madera con polímeros o resina (contiene aprox. 60-80% de fibras de madera) o tableros de madera y cemento (contiene aprox. 70% de madera, 27% de cemento y 3% de vidrio soluble).	++
---	----

Reciclaje de restos de madera triturados como aditivo para mejorar el proceso de compostaje de material orgánico. La madera no puede contener sustancias peligrosas.	++
--	----

Técnicas de valorización energética

Existen varias maneras de valorización energética de restos de madera. Se pueden distinguir las siguientes:

Medidas de valorización	Efecto
<p>Reciclaje externo de restos de madera en el sector de tableros como tableros de fibras de madera o conglomerados. Valorización energética en el propio edificio mediante combustión en una caldera equipada para quemar restos de madera. Siempre hay que tener en cuenta la normativa para emisiones al aire.</p> <p>Con cada tonelada de madera quemada, se puede ahorrar entre 450 y 470 litros de gasoil.</p>	+ / ++
<p>Secado de los restos de madera para transformarlos en pellets mediante una prensa hidráulica. Los pellets se pueden utilizar como combustible. Antes del prensado, se extrae el hierro y se tritura la madera hasta un tamaño de 2 a 3 mm. El material restante pasa por un hidrociclón para extraer el polvo.</p>	+
<p>Combustión en una instalación externa que cumple con la normativa para combustión de madera. En varios países europeos estas centrales energéticas (pequeñas) funcionan como centrales de energía sostenible.</p>	+

Bibliografía

- Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para la carpintería (en holandés: Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de houtverwerkende nijverheid), A. Jacobs, B. Gielen¹, I. Van Tomme¹ Ch. De Roock² y R.
- Dijkmans, Estudio elaborado por el Centro de Conocimiento de mejores técnicas disponible de Flandres (Bélgica) para el Vlaams Gewest. No. del informe: 2003/IMS/R/149, Octubre de 2003
- 1 Ecolas
- 2 Febelhout

8.4

CASO 3: RESIDUOS CÁLCICOS DE REACCIÓN, EN FORMA SÓLIDA, PROCEDENTES DE LA DESULFURACIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN

Código LER y denominación del residuo

Orden MAM 304/2002

Código LER 10 01 05

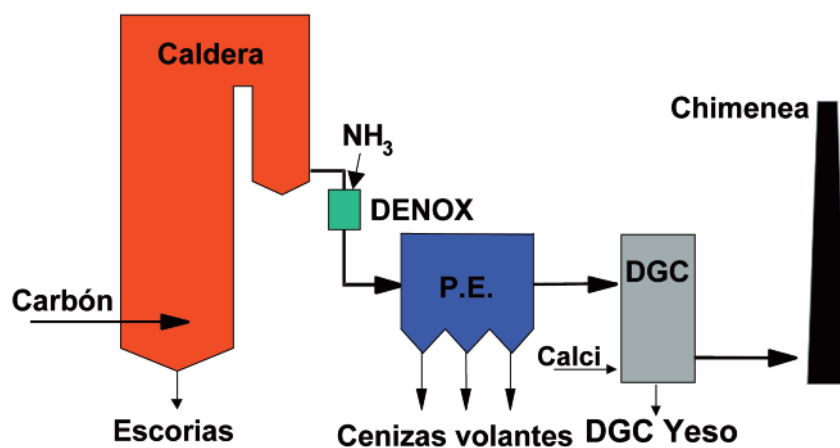
Descripción Residuos cálcicos de reacción, en forma sólida, procedentes de la desulfuración de gases de combustión.

Este residuo ha sido seleccionado por su alto nivel de generación en Aragón y las múltiples posibilidades que existen para su valorización. Analizando las vías de utilización de este material se puede afirmar que sería posible hacer uso de toda la cantidad generada.

A continuación se describen las posibilidades de valorización para este residuo según casos reales.

Descripción del proceso

En centrales térmicas de carbón que cuentan con unidades de desulfuración de los gases de combustión, se genera un residuo a partir de la reacción química entre el SO_2 , que proviene del azufre presente en el carbón, y un adsorbente de carbonato cálcico (denominado yeso DGC = Desulfuración de Gases de Chimenea o Yeso FGD = Flue Gas Desulphurization).



P.E. = precipitación electrostática

DGC = desulfuración de gases de combustión

Figura 2

Producción de productos de centrales térmicas de carbón (PCTC)

En el proceso, el gas de combustión proveniente de las calderas entra a una unidad de desnitrificación y continúa hacia el filtro de partículas.

A continuación el gas entra en la unidad de desulfuración. La generación de yeso DGC comienza con el rocío sobre el gas de combustión, de una suspensión que contiene calcita (CaCO_3) o cal (CaO), por medio de los scrubbers. Esta suspensión reacciona con el dióxido de azufre (SO_2) presente en dicho gas, para generar principalmente sulfito de calcio (CaSO_3). El sulfito de calcio se oxida añadiendo cantidades definidas de aire, dando lugar a una cristalización donde se agregan a la molécula dos moléculas de agua. Así se genera una suspensión de yeso (dihidrato de sulfato de calcio: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en el scrubber.

Acto seguido, la suspensión de yeso, que se controla internamente para seguir sus propiedades químicas y físicas, se envía a hidrociclones donde tiene lugar un secado parcial y una graduación del tamaño de sus partículas. El material fino vuelve al scrubber.

En una centrífuga o en un filtro de banda que opera al vacío, continúa el proceso de secado y la depuración del yeso. Aquí se lixivian componentes solubles en agua (p.ej. cloruro). El agua de lavado se depura en una unidad específica. El contenido de agua residual del yeso DGC oscila entre 5 y 12%.

El yeso DGC que sale del proceso se almacena in-situ en un silo hasta su transporte al usuario. En Alemania, por ejemplo, una cierta cantidad del yeso DGC producido se suministra a almacenes de materia prima para asegurar a largo plazo suministros continuos a la industria de yeso.

La calidad del yeso se controla diariamente a partir de muestras tomadas inmediatamente antes de la entrada al almacén provisional. Las pruebas de laboratorio se realizan de acuerdo con la hoja de instrucción "DGC Yeso - Criterios de Calidad y Métodos Analíticos" y algunos parámetros adicionales acordados entre productor y cliente.

Descripción y caracterización del residuo

El yeso DGC es un material húmedo y fino, con un contenido de agua del 5 - 12%, que cuenta con por lo menos un 95% de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Según las condiciones de producción, los cristales de yeso pueden variar desde aciculares hasta compactos y planos. La composición y propiedades de este material son idénticas a las del yeso natural, como ha sido demostrado por una amplia investigación científica⁶.

Descripción del caso

La cantidad de yeso DGC producido en Europa (UE 15) fue de aproximadamente 11 millones de toneladas en 2007. Más del 80% de este yeso se utiliza en la industria del yeso y del cemento. En total, aproximadamente el 5% del yeso DGC producido se almacena provisionalmente como base de materia prima para utilización futura (mayoritariamente en producción de paneles de yeso). Cerca del 7% se lleva a vertedero.

6 Becker, J., Einbrodt, H.-J., Fischer, M.: Vergleich von Naturgips und REA-Gips, Bericht und gutachterliche Stellungnahme, VGB Forschungsstiftung und Bundesverband der Gips- und Gipsbauplattenindustrie e.V., 1989. (vea también: Becker, J., Einbrodt, H.-J., Fischer, M.: Comparison of Natural Gypsum and FGD Gypsum, Abridged version of VGB Research Project 88, VGB Kraftwerkstechnik 1/1991, p. 46-49)

El yeso DGC se utiliza como materia prima en la industria de yeso debido a su superior pureza y homogeneidad respecto al yeso natural. Se estima que 5,4 millones de toneladas de yeso DGC, fueron utilizadas en 2007 para la producción de placas de yeso. Otras aplicaciones de este material incluyen la producción de baldosas de yeso, escayolas de proyección y su utilización en suelos de autonivelación. Este material se utiliza también como retardador en la producción de cemento y como relleno en la producción de pinturas, adhesivos y plásticos. Otra aplicación existe en la agricultura, donde se utiliza como una fuente de calcio y azufre para fertilizantes y abonos. Al igual que el yeso natural, el yeso DGC debe ser deshidratado térmicamente antes de ser utilizado en materiales de construcción. Los usos más frecuentes de yeso DGC exigen que el material cumpla los siguientes criterios de calidad:

- Uso como materia prima en la industria de yeso y cemento: Criterios de Calidad de Yeso de DGC.
- Uso como fertilizante: Regulaciones nacionales.

La calidad del yeso determina sus posibilidades de aplicación. Los estándares mínimos de calidad que se han establecido en Europa son:

- Contenido de sulfato de calcio: superior a 95%
- Contenido de sulfito: inferior a 0,25%
- Contenido de cloruro: inferior a 0,01%
- Contenido de fluoruro: inferior a 0,01%
- Contenido de óxido de magnesio: inferior a 0,1%
- Color: blanco
- Olor: inodoro
- Contenido de agua: inferior a 10%
- Forma de cristales: acicular

Si el yeso DGC es de calidad, no debe contener elementos extraños ni contaminantes. Su nivel de radiación no debe superar los límites normales, no es tóxico y no es peligroso.

Bibliografía

- Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants, July 2006.
- Case Study for the Commission's Communication on By-products and for Guidance on the Revised Waste Framework Directive, June, 2006, Eurelectric & European Coal Combustion Products Association.
- Informe anual de la Unión de Cenizas Volantes de Holanda, 2007 (en holandés).

8.5

CASO 4: POLVO Y PARTÍCULAS DE METALES FÉRREOS

Código LER y denominación del residuo

Orden **MAM 304/2002**

Código **LER 12 01 02**

Descripción Polvo y partículas de metales férreos

Este tipo de residuo pertenece a al grupo LER 12 01, que corresponde a “Residuos del moldeado y tratamiento físico y mecánico de superficie de metales y plásticos”. Se ha elegido debido a la cantidad representativa de generadores que existe en Aragón. Hay múltiples posibilidades para fomentar su prevención y su valorización, siendo un material completamente reciclable.

A continuación se describen las vías de utilización de este residuo según un caso real.

Descripción del proceso

No existe un proceso industrial específico de generación de este residuo, que proviene básicamente de cualquier instalación donde se trabaje física y/o mecánicamente con metales férreos. Diversas fuentes de generación se presentan a continuación:

- Técnicas de deformación plástica: Son técnicas donde se deforma el metal sin generar mayor cantidad de virutas o polvo, por ejemplo el prensado.
- Técnicas de reducción de masa: Son técnicas donde se reduce la masa del metal a través de acciones como tornado, cepillado, fresado, taladrado, cortado, tornado, punzado, etc. Con estas técnicas se pueden generar trozos de metal, virutas o polvo.
- Técnicas de unión: Son técnicas que unen elementos distintos del mismo material o diferentes tipos de material. Las técnicas pueden ser el remachado, las soldaduras, los pegamentos, la unión a presión, etc. Con éstas, especialmente con la soldadura, es posible producir restos de metales.

Descripción y caracterización del residuo

El residuo se denomina “polvo y partículas de metales férreos”. Los restos de hierro y acero pueden estar mezclados con otros residuos como el polvo, los restos de otros metales, y los restos de líquidos para enfriar y engrasar durante el proceso de cortar el metal, entre otros.

Descripción del caso

Las medidas de prevención y buenas prácticas en el sector de la manufactura metálica con respecto a la generación de partículas y polvo de metales son:

- Prevención y reciclaje residuos metálicos

La cantidad de residuos metálicos se puede reducir mediante la aplicación de medidas de Buenas Prácticas:

- Comprar el metal necesario con dimensiones ajustadas a las dimensiones de los productos finales.
- Adaptar el diseño del producto de tal manera que se evite grandes pérdidas de metal, por ejemplo no pulir las partes que no se ven.
- Optimizar la programación para minimizar los restos de metal al cortar o trabajar el metal.
- El orden y la limpieza son factores importantes para la prevención y reciclaje de residuos en general. Teniendo en cuenta que los residuos metálicos tienen un alto valor añadido, se puede considerar la implantación de incentivos económicos para los empleados que generen motivación hacia las tareas de separación y recogida de residuos de metales. La práctica demuestra que este tipo de políticas pueden generar un alto rendimiento.
- Reutilización de restos grandes de metales para la fabricación de piezas pequeñas.
- Llevar los residuos metálicos a un gestor autorizado para ser entregado como materia prima, siempre y cuando cumpla las condiciones exigibles para “el fin de la condición de residuo” en plantas de fabricación de metales

- Regeneración del líquido de enfriamiento y/o lubricación
Los líquidos utilizados se pueden regenerar a través de varias técnicas, como son:

- Separación de aceites
- Filtros
- Separación de metales con imanes
- Hidrociclones
- Centrifugas
- Aspiración de virutas y polvo metálico
- Sistemas integrados

Estas técnicas, aparte de permitir un ahorro en la compra de los líquidos, fomentan la recuperación de más residuos metálicos para su posterior reciclaje.

Las inversiones pueden variar desde 500 euros para la separación de aceites, 2.500 euros para la aspiración de virutas y polvo metálico y hasta 50.000 euros para la instalación de sistemas integrados.

Los beneficios varían en cada caso, pero se compone por la suma del ahorro en la compra de líquidos, el ahorro en el coste de gestión, por gestor autorizado, de líquido contaminado y la mayor recuperación de residuos metálicos.

- Líquido de enfriamiento y/o lubricación

En cuanto al líquido que se utiliza para enfriar y/o lubricar la superficie donde se corta el metal se propone:

- Utilizar un líquido biodegradable.
- Optimizar el proceso para utilizar la menor cantidad posible de líquido.
- Utilizar un sistema de micro-dosificación. Durante el proceso de corte el líquido se evapora completamente, por ende no debe contener cloruro, nitrito, PCB, ni nitrosaminas. Esta es una alternativa que se puede aplicar en caso de no poder trabajar el metal sin líquidos. Otra ventaja es que tanto las herramientas como el metal se secan al final del proceso sin necesidad de ejecutar un post-tratamiento.
- Aplicar un recubrimiento en las herramientas de corte para minimizar la fricción con el metal con el objetivo de evitar la utilización de líquido de enfriamiento o lubricación. Normalmente esto se puede aplicar únicamente en procesos que no requieran un alto grado de precisión y/o en procesos donde la velocidad de corte sea baja. Esto implica que su aplicación no es factible en técnicas como el fresado o taladrado, donde las velocidades de operación son bastante altas.

Cuanto menos líquido de enfriamiento y/o lubricación se utilice, los residuos metálicos presentarán menor grado de contaminación. Sin embargo, la disminución de la utilización de este líquido puede causar un aumento en el gasto energético del proceso. Por esta razón, cada caso se tendrá que evaluar individualmente para optimizar la solución. Otras ventajas de esta práctica son el ahorro en líquidos y el ahorro en su limpieza.

Bibliografía

- Hoja de información sobre la prevención y el reciclaje de metales, InfoMil, año desconocido
- Mejores Técnicas Disponibles para la manufactura metálica (Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor de metaalbewerkende nijverheid), Informe final (en holandés), L. Goovaerts, M. De Bonte, P. Vercaemst y R. Dijkmans, Estudio ejecutado para el Centro de Conocimiento de Flandes para las Mejores Técnicas Disponibles (VITO). N° del informe: 2003/IMS/R/158, abril 2004.

8.6

CASO 5: ESCORIAS NO TRATADAS

Código LER y denominación del residuo

Orden MAM 304/2002
Código LER 10 02 02
Descripción Escorias no tratadas

Estos residuos provienen de la industria del hierro y del acero (LER 10.02).

Se ha seleccionado este residuo teniendo en cuenta la existencia de un número relevante de productores y su alta generación en Aragón. Las diversas posibilidades de utilización que existen para este material según casos reales se describen a continuación.

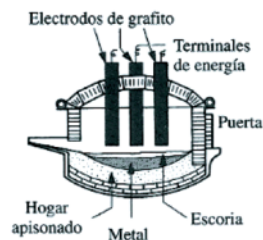
Descripción del proceso

En la industria del hierro y del acero se utilizan diferentes tipos de hornos. Las características de las escorias que se generan dependen del tipo de horno, por lo que es importante conocer la procedencia del material. En España existen varios tipos de hornos siderúrgicos. Los tres tipos más frecuentes (más del 90% de los casos) son:

- Horno de arco eléctrico
- Horno de oxígeno básico
- Alto horno

A continuación se describe brevemente el funcionamiento de estos tres tipos de horno.

- Horno de arco eléctrico:



En estos hornos el calor se genera mediante el arco eléctrico continuo, por la resistencia que la masa de hierro representa para el paso de corriente o por la producción en aquella masa de las llamadas corrientes de Foucault. Aquí se funde hierro de elevada pureza, normalmente chatarra, en cantidades perfectamente medidas. El acero producido se emplea en la fabricación de herramientas de precisión e instrumentos delicados.

En este tipo de hornos se generan temperaturas que pueden llegar a los 2.000°C. Existen normalmente tres electrodos de grafito, que pueden ser de hasta 750 mm de diámetro y de 1,5 a 2,5 m de longitud, y cuya altura dentro del horno es ajustable en respuesta a la cantidad de metal presente y al desgaste de los electrodos.

El proceso comienza cargando el horno con chatarra de acero y una pequeña cantidad de carbono y cal (o con 100% de chatarra) a través del techo abierto. El techo se cierra, los electrodos bajan y se establece la conexión. Aquí el metal se funde durante 2 horas aproximadamente, para luego ser vaciado a una olla de traslado.

Las capacidades de los hornos eléctricos oscilan entre 60 y 90 toneladas por día de acero. La calidad de producto es mejor que la alcanzada por otros hornos como el de hogar abierto o el de oxígeno básico.

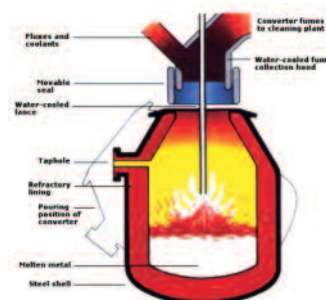
Para trabajar con cantidades más pequeñas el metal se dispone en un crisol, por cuya bobina de cobre se hace pasar una corriente alterna que funde el metal.

En la siguiente tabla se muestran las cantidades de escorias que producen los hornos de arco eléctrico (kg/t de acero líquido).

	Escorias de acero al carbono (kg/t)	Escorias de acero aleado (kg/t)
Escorias del horno	100 – 150	100 – 150
Escorias del cucharón	10 – 30	30 – 40
Escorias DOV*	–	aprox. 160

* Decarburización de Oxígeno al Vacío

- Horno de oxígeno básico



Es un horno en forma de pera recubierto en su interior con material refractario de línea básica. La temperatura de operación del horno es superior a los 1650°C y es considerado como el sistema más eficiente para la producción de acero de alta calidad.

El convertidor se carga con chatarra fría, a la que se añade arrabio fundido (75% de arrabio procedente de un

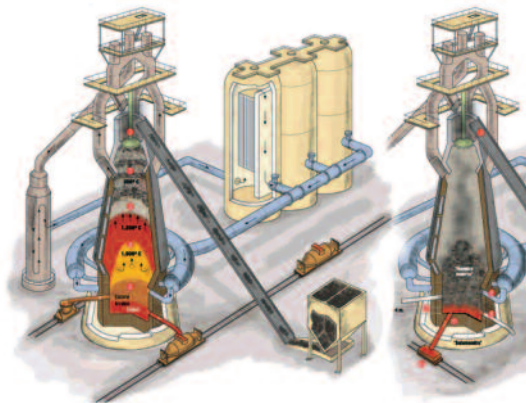
alto horno y 25% de chatarra y cal). Posteriormente, se inyecta oxígeno a presión con lo que se eleva la temperatura en un tiempo muy reducido, haciendo que el hierro hierva y eliminando las impurezas presentes en el material. Esto permite la obtención de acero de alta calidad. Existen varios tipos de reactores usados en el horno de oxígeno básico. El más utilizado es el convertor LD (Linz-Donawitz), el cual proporciona hierro con un bajo contenido de fósforo. En el caso de un alto contenido de fósforo se utiliza un proceso modificado:

(LD/AC = Linz-Donawitz/Arbed-CRM-process).

Las escorias más importantes que se originan en este proceso son:

- Escorias de desulfuración
(entre 2 y 25 kg/t de acero líquido)
- Escorias del reactor principal
(entre 100 y 130 kg/t de acero líquido)

- Alto horno



Un alto horno es una instalación industrial donde se trabaja el mineral del hierro. Aquí se desprende químicamente el oxígeno del óxido de hierro existente en el mineral, para así liberar el hierro.

Está formado por una cápsula cilíndrica de acero recubierta en su interior con un material no metálico y resistente al calor, como ladrillos refractarios y placas refrigerantes. El diámetro de la cápsula disminuye hacia arriba y hacia abajo, y es máximo en un punto situado aproximadamente a una cuarta parte de su altura total. La parte inferior del horno está dotada de varias aberturas tubulares llamadas toberas, por donde se fuerza el paso del aire. Cerca del fondo se encuentra un orificio por el que fluye el arrabio cuando se sangra (o vacía) el alto horno, y por encima del cual se encuentra otro agujero para retirar la escoria.

La parte superior del horno, cuya altura es de 30m aproximadamente, contiene respiraderos para los gases de

escape, y un par de tolvas redondas, cerradas por válvulas en forma de campana, por las que se introduce la carga en el horno. Los materiales se llevan hasta las tolvas en pequeñas vagonetas o cucharas que se suben por un elevador inclinado situado en el exterior del horno.

Entre las materias primas se cuentan el mineral de hierro, el coque, la chatarra, la caliza y el cuarzo.

Se inyecta aire precalentado a 1.030°C dentro de la base del horno para quemar el coque, que en combustión genera el intenso calor requerido para fundir el mineral y produce los gases necesarios para separar el hierro del mineral.

La cantidad de escorias producida es determinada por el hierro utilizado y la cantidad de flujo necesario para lograr la calidad de hierro necesaria. Éstas se pueden utilizar en material para construcción de carreteras, material agregado en hormigón, aislamiento térmico (lana mineral) y como una sustitución de cemento, entre otros. La utilización total de escorias de alto horno es una meta que se ha alcanzado en muchos países.

Los dos procesos más utilizados para tratar escorias de alto horno producen granulado de escorias de alto horno y escorias de alto horno. La cantidad de escorias generada por un alto horno varía entre 210 y 310 kg/t de acero líquido producido.

Descripción y caracterización del residuo

- Escorias de hornos de arco eléctrico
La composición de las escorias de arco eléctrico se presenta en la siguiente tabla. Es importante mencionar que en escorias DOV (Decarburización de Oxígeno al Vacío) es posible encontrar elementos como plomo, arsénico, antimonio, mercurio, cloruro, fluoruro y cromo (IV). Las escorias del cucharón pueden contener lixiviado de fluoruro.

% de m/m Comp.	Escorias de acero al carbono o de baja aleación		Escorias de acero aleado		
	Escorias horno	Escorias cuchara	Escorias horno*2	Escorias DAO	Escorias DOV
Fe _{tot}	10–32	≤2–5	≤2	≤1–2	máx. 2
CaO	25–45	30–50	45	35–50	35–50
CaO _{libre}	≤4	≤10	≤10	5–máx. 10	max. 5
SiO ₂	10–18	10–20	30	25–35	20–30
Al ₂ O ₃	3–8	3–12	5	1–10	1–10
MgO	4–13	7–18	7	4–7	5–15
MnO	4–12	1–5	2	1	n.d.
Cr ₂ O ₃	1–2	0,5	3	1–5	1–5
TiO ₂	0,3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
P ₂ O ₅	0,01–0,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Na ₂ O	0,46*1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
K ₂ O	0,11*1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V ₂ O ₅	0,11–0,25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ZnO	0,02*1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
CuO	0,03*1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NiO	0,01–0,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S	0,02*1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
C	0,33*1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

*1 dato disponible solamente de una planta

*2 dato disponible solamente de una planta

n.d. = no disponible

DAO = descarburización Argón Oxígeno

DOV = descarburización Oxígeno al Vacío

El producto más común en Europa es el acero al carbono o de baja aleación (aproximadamente 83% de todo el acero producido).

- Escorias de horno de oxígeno básico
Las escorias de desulfuración son heterogéneas y están parcialmente fundidas. La composición depende mucho de los agentes usados de desulfuración. La composición promedio (en % de masa) se muestra en la siguiente tabla.

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe Total	Fe Metálica
27.0	18.0	8.0	10.0	20.0	15.0
MnO	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	CaO libre	S	CaO/SiO ₂
≤0.5	≤0.2	≤0.1	≤5	≤4	1.5

Las escorias del horno principal representan la mayoría residuos de este proceso. La composición química (en % de masa) de estas escorias es la siguiente:

Componente	Proceso	
	LD/AC	LD
CaO	50,0	50,0
SiO ₂	9,0	15,0
Al ₂ O ₃	≤2	≤2
MgO	≤3	≤3
Fe total	12,0	16,0
Fe metálica	≤1	≤1
MnO	2,0	≤4
P ₂ O ₅	15,0	≤2
Cr ₂ O ₃	≤1	≤1
CaO libre	≤7	≤10
S	-	-
CaO/SiO ₂	4	2,5

Leyenda:

LD/AC = proceso de Linz-Donawitz/Arbed-CRM;

LD = proceso de Linz-Donawitz;

El proceso de LD es más utilizado.

- Escorias de altos hornos
En la siguiente tabla se muestra la composición de las escorias (en % de masa) según su basicidad.

Clasificación CaO/SiO ₂ /MgO contenido	Escorias de alto horno	
	basicidad > 1,0	basicidad < 1,0
Fe total	0,2 – 0,6	0,4
Mn total	0,2 – 0,7	0,3
TiO ₂	0,5 – 2,7	0,7
Al ₂ O ₃	9,0 – 14,0	9,2
S total, principal. CaS	1,1 – 2,0	1,6
SiO ₂	33,2 – 37,0	38,4
CaO	38,1 – 41,7	35,6
MgO	7,0 – 11,0	18,0
Na ₂ O	0,3 – 0,6	0,5
K ₂ O	0,6 – 0,8	0,8
CaO/SiO ₂	1,1 – 1,2	0,9
(CaO+MgO)/SiO ₂	1,3 – 1,5	1,2

Descripción del caso

La generación de residuos de la siderurgia está determinada por el proceso de producción. Medidas a contemplar para minimizar la generación de residuos son:

- Reciclaje selectivo de los residuos que contienen hierro y carbón teniendo en cuenta el contenido de aceite que tengan (<0,1%).
- Escorias de horno de arco eléctrico
 - Las escorias de hornos de arco eléctrico, sobre todo las escorias del cucharón pueden tener un alto nivel de fluoruro. Se propone una adaptación del proceso que permita minimizar el fluoruro.
 - Estas escorias pueden contener niveles elevados de metales como níquel, cadmio y molibdeno, lo que puede dificultar el uso de este tipo de escorias. En este caso, también se puede adaptar el proceso con la finalidad de mejorar las características químicas de esas escorias.
 - Una opción de utilización es la combinación con escorias de horno de oxígeno básico y granulado de residuos de construcción y demolición. El material consiste en un 80-90% de granulado y un 10-20% de escorias. Las escorias tienen características similares a las del cemento, así que esta mezcla puede ser utilizada perfectamente como sub-base para carreteras.
- Escorias de horno de oxígeno básico
 - Las escorias de desulfuración son difícilmente reciclables por su alto contenido en azufre. Sin embargo, pueden utilizarse como material de construcción dentro de vertederos y en barreras de protección acústica.
 - Las escorias del reactor principal no contienen prácticamente sustancias tóxicas, así que se pueden reutilizar en construcción de carreteras y relleños. Por sus condiciones, estas escorias se pueden utilizar en las siguientes mezclas, aportando las propiedades hidráulicas:
 - 90% de escorias de horno de oxígeno básico y 10% de escorias granuladas de alto horno: esta mezcla es utilizable como sub-base de carreteras.
 - 10-20% de escorias de horno de oxígeno básico, posiblemente con escorias de horno de arco eléctrico, y 80-90% de granulos de residuos de construcción y demolición. La mezcla se puede utilizar en sub-bases de carreteras.

Estas escorias también se pueden utilizar en la producción de fertilizantes y la fabricación de cemento.

- Escorias de altos hornos
 - El granulado de escorias de alto horno se puede utilizar para la fabricación de un cemento de fraguado más lento que el cemento de Portland en condiciones normales, pero de fraguado más rápido a altas temperaturas. El hormigón que se fabrica con este cemento es más resistente contra sulfatos, presentes en el agua marina, el estiércol y el agua residual, por ejemplo.
 - Las escorias de alto horno se utilizan también en construcciones de carreteras, sobre todo en sub-bases. Es buena práctica mezclarlas con escorias granuladas de alto horno y/o escorias de horno de oxígeno básico, lo cual le otorga características hidráulicas, dando más rigidez a la carretera.

Bibliografía

- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel (en inglés), December 2001
- Recycled materials in road construction (en inglés), Siger Seinen para el CROW (Centro Nacional de Tecnología e Información) en Holanda. ISBN 90 6628 352 1, noviembre 2001

8.7

CASO 6: RESIDUOS MEZCLADOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Código LER y denominación del residuo

Orden MAM 304/2002

Código LER 17 09 04

Descripción Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 170901, 170902 y 170903

Este residuo se ha seleccionado debido a su alta generación en Aragón, por las posibilidades de prevención y por las diversas opciones para su aprovechamiento.

Si se tienen en cuenta todas las posibilidades de prevención, reutilización y reciclaje de este material, se podría afirmar que llevar este residuo a vertedero es absolutamente innecesario, a excepción de los casos en que se encuentra contaminado con sustancias peligrosas. A continuación se describen las posibilidades de prevención y valorización para este residuo, basado en casos reales.

Descripción del proceso

Los residuos mezclados de construcción y demolición proceden en su mayor parte de la demolición de edificios u obras civiles, pero también de rechazos de los materiales de construcción de las obras de nueva planta y de pequeñas obras de reformas. Se conocen habitualmente como “escombros”.

Descripción y caracterización del residuo

Se trata de una mezcla de diferentes materiales que se pueden generar en obras, tanto obras de nueva construcción en demoliciones o reformas. La mezcla con el código LER 17 09 04 no puede contener sustancias peligrosas, como por ejemplo amianto, metales pesados o alquitrán.

La mezcla puede contener los siguientes materiales:

- hormigón
- ladrillos
- tejas y materiales cerámicos
- madera
- vidrio
- plástico
- mezclas bituminosas
- metales
- cables
- tierras y piedras
- lodos
- balasto de vías férreas
- materiales de aislamiento
- materiales de construcción a base de yeso

La composición de la mezcla de residuos de construcción y demoli-

ción (RCD) depende de las características de la obra, por lo que es muy variable. Según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006 la composición media de RCD es la siguiente:

Materiales	Composición (%)
FRACCIÓN PÉTREA	75
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	54
Hormigón	12
Piedra	5
Arena, grava y otros áridos	4
RESTO	25
Madera	4
Vidrio	0,5
Plástico	1,5
Metales	2,5
Asfalto	5
Yeso	0,2
Basura	7
Papel	0,3
Otros	4

Fuente: PNRCD 2001-2006, BOE 166 del 12 de julio de 2001.

El 13 de febrero de 2008 se publicó en el BOE núm. 23 el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los Residuos de Construcción y Demolición.

Este real decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los Residuos de Construcción y Demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción. El poseedor de residuos, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos (Ley 10/1998, Art. 33). Mientras se encuentren en su poder, deberá mantenerlos en condiciones de seguridad, higiene y evitando las mezclas. Los residuos se destinarán preferentemente, y por este orden a su reutilización, reciclado y otras formas de valorización.

Descripción del caso

La valorización de la mezcla de RCD requiere una separación previa de materiales mediante triaje. Este paso incrementa el coste de la gestión, además de proporcionar productos de menor calidad que la que podría obtenerse en el caso de una recogida separada.

El objetivo de la gestión de este residuo debería ser, por tanto, la minimización de la cantidad generada mediante una correcta separación en origen.

Técnicas de minimización

- **Compra de materiales**
En las obras llega a desperdiciarse hasta un 10% de los materiales, por exceso de stock y por deterioro en obra. Para reducir esta cantidad, por tanto se debe de calcular correctamente las cantidades de materiales necesarias. Con el fin de minimizar el riesgo de deterioro en obra es recomendable pedir los materiales cuando esté prevista una utilización más o menos inmediata.
- **Almacenamiento de materiales: reducción de residuos**
La mejora de la gestión de residuos de construcción está íntimamente ligada a un ordenado y racional proceso de ejecución de la obra.
El correcto almacenamiento de los materiales ayuda a controlar el stock y facilita su gestión.
Un área de almacenamiento seguro, puede también reducir el vandalismo y los robos.
El almacenamiento de materiales debe de estar separado de áreas reservadas para los residuos para evitar confusiones. También debe de estar fuera del alcance del tráfico intenso de la obra, para evitar daños.
Los productos sensibles a la humedad, como aglomerantes hidráulicos, cementos, etc., deben de estar protegidos de la lluvia y de la humedad, que puede estropearlos irremediablemente.
Los medios que se emplean para transportar materiales en obra deben de ser lo suficientemente estables y resistentes. Si no es así, pueden romperse o volcarse. Por ejemplo, los palets deben de ser cargados de tal forma que no vuelquen o puede caerse material. No deben ser frágiles o estar en mal estado, porque, al utilizarlos para el movimiento de materiales dentro de la obra, originarán residuos, e incluso constituirían un peligro potencial para la seguridad de los trabajadores.
A continuación se presenta una tabla sobre la manera más conveniente de almacenar los materiales en obra en aras de minimizar pérdidas y deterioro y, en consecuencia, la generación de residuos:

material	almacenar cubierto	almacenar área segura	almacenar en palletes	almacenar ligados	Requerimientos especiales
Arena y grava					Almacenar sobre una base dura para reducir desperdicios.
Tierras y rocas					Almacenar sobre una base dura para reducir desperdicios. Separarlos de contaminantes potenciales.
Yeso y cemento					Evitar que se humedezcan.
Ladrillos y bloques de hormigón. Adoquines					Almacenar en los embalajes originales hasta el momento del uso. Proteger del tráfico de vehículos.
Piezas de bordillo					Proteger de los movimientos de vehículos y de la rociadora de alquitrán.
Prefabricados de hormigón					Almacenar en embalajes originales, lejos de los movimientos de los vehículos.
Tuberías cerámicas y de hormigón					Usar separadores para prevenir que rueden. Almacenar en los embalajes originales hasta el momento del uso.
Tejas de cerámica y pizarra					Mantener en los embalajes originales hasta el momento del uso.
Baldosas de revestimiento					Envolver con polietileno para prevenir rayadas.
Madera					Proteger todos los tipos de madera de la lluvia.
Metales					Almacenar en los embalajes originales hasta el momento del uso.
Vidrio plano y en general					Proteger el vidrio de las roturas causadas por mal manejo o movimientos de vehículos.
Pinturas					Proteger del robo.
Membranas bituminosas					Almacenar en rollos y proteger con polietileno.
Material aislante					Almacenar con polietileno.
Azulejos de cerámica					Almacenar en los embalajes originales hasta el momento del uso.
Fibra de vidrio					
Ferretería					Proteger del robo.
Aceites					Almacenar en camiones, tanques o latas, según la cantidad. Proteger el contenedor de daños para reducir el riesgo de derrame.

- Reutilización de materiales**
 Se deberán reutilizar los medios auxiliares y los embalajes de madera tantas veces como sea posible. Solamente cuando estén muy dañados se convertirán en material para reciclar.
 Los encofrados se deben de usar varias veces porque admiten diversas puestas en uso. Hay que salvar los re-

cortes de los grandes tableros para utilizarlos en piezas de menor tamaño, en rincones y en superficies de geometría no ortogonal en las que se tienen que adaptar piezas cortadas apropiadamente. Los tableros de encofrado deben de guardarse bien ordenados y dispuestos para que sea más fácil reutilizarlos o transportarlos a otra obra en la que puedan volver a ser usados.

- Reducción de residuos metálicos

Para reducir los residuos metálicos que llegan a obra hay que conseguir que los perfiles y barras de armaduras lleguen a obra con el tamaño definitivo. Es conveniente que lleguen listas para colocar en obra, cortadas, dobladas y, preferiblemente, montadas.

- Almacenaje de rcd

Se llevarán a cabo las siguientes medidas:

- Segregar los RCD de otro tipo de residuos (residuos peligrosos y restos de alimentos).
- Mantener separar las diferentes tipologías de RCD, desde el inicio de su generación. Las tierras sin escombros, escombros de restos cerámicos, madera (palets y restos de carpintería), metales (bidones, restos de carpintería metálica, ferralla y otros), vidrio y papel y plástico se deben de segregar entre sí.



Ejemplo de contenedores de RCD en obras.

- Acumular madera, metales, vidrio, papel y plástico preferentemente en contenedores adecuados, separados e identificados.
- No realizar vertidos incontrolados, fuera de la zona delimitada para ello.
- Los restos de tierras y piedras, podrán almacenarse en la obra; en lugares donde:
 - no estorben,
 - no puedan contaminarse por sustancias peligrosas
 - no puedan producir daños por deslizamientos o desprendimientos.
- Utilizar, si es posible, contenedores que serán más sencillos de retirar.
- La retirada debería simultanearse con la demolición, y evitar los acopios temporales de residuos en la zona de

obras. Se evitarán los acopios de más de un día, para minimizar el impacto visual que provocan.

En el caso de que, como excepción, sea necesario el acopio temporal y puntual de los restos de demolición (de más de un día), se dispondrán en montones no demasiado altos (máx. 1,5 m de altura), en las zonas próximas a las de obras demolición o en una zona donde menos molestias provoquen.

- Retirada de los rcd

La retirada del residuo se realiza llevándolo a una planta de valorización y/o contratando un gestor autorizado que se haga cargo de su retirada y de su tratamiento.

Para los residuos de madera (palets y restos de carpintería), metales (bidones, restos de carpintería metálica, ferralla y otros), vidrio y neumáticos se deberían contratar los servicios de empresas autorizadas (gestores) que realicen actividades de recuperación, reutilización o reciclaje de estos residuos. También pueden ser reutilizados en la propia obra o en otra próxima, pero debería quedar justificada documentalmente la cantidad de residuo generado y el total reutilizado.

Si el subcontratista se hace cargo de la gestión de éstos, deberá igualmente justificar dicha gestión de forma documental.

Por tanto, todos estos materiales serán retirados a vertedero a través de un gestor autorizado que los recoja, los clasifique y los lleve a su lugar de destino (Vertedero autorizado).

- Medidas legales de prevención

El Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición prescribe en su artículo 5.5 lo siguiente:

Hormigón	80 t
Ladrillos, tejas, cerámicos	40 t
Metal	2 t
Madera	1 t
Vidrio	1 t
Plástico	0,5 t
Papel y cartón	0,5 t

Los residuos de construcción y demolición deberán separarse, para facilitar su valorización posterior, en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Además, por el artículo 11 del RD 105/2008 está prohibido el depósito en vertedero de RCD que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo. Esta disposición no se aplicará a los residuos inertes cuyo tratamiento sea técnicamente inviable ni a los RCD cuyo tratamiento no contribuya a los objetivos estableci-

dos en el artículo 1 del RD 105/2008 ni a reducir los peligros para la salud humana o el medio ambiente.

- Medidas económicas de prevención
Normalmente las plantas de valorización cobran para la entrada de RCD. Para fomentar la separación de residuos en origen, las plantas pueden variar las tarifas de entrada según la calidad del material que entra. Por ejemplo:
 - RCD Hormigón = 8,8 €/Tn
 - Escombro derribo seleccionado = 10,50 €/Tn
 - Escombro derribo sin seleccionar (máx. 10% plástico/madera) = 16,50 €/Tn

Técnicas de reciclaje

Si, a pesar de todas las acciones preventivas, se genera una mezcla de RCD, ésta se lleva a una planta de valorización. En la planta se depositan, seleccionan, clasifican y valorizan las diferentes fracciones que contiene el residuo con el objetivo de obtener productos finales aptos para su utilización.

Si una planta de valorización de la mezcla de RCD quiere producir subproductos de buena calidad, han de separar los diferentes materiales que puedan contener. Un proceso habitual de tratamiento consiste en los siguientes pasos:

- Tolva de alimentación del proceso
- Triaje de voluminosos como por ejemplo trozos grandes de madera, metales, plásticos, materiales de aislamiento y trozos grandes de escombros. Este tipo de triaje se puede ejecutar manualmente pero también con una criba con aperturas de aproximadamente 400 mm.
- Molino triturador la fracción pétreo >60 mm.
- Los finos y la fracción pétreo triturada se recogen en una cinta transportadora que incorpora un separador magnético para recoger los materiales férricos.
- Criba: La fracción >70 mm vuelve al molino.
- Triaje para separar las maderas, plásticos, metales no férricos, etc. mediante separador balístico.
- Criba. La fracción mayor de 40mm vuelve al molino.
- El material de tamaño menor de 10 mm se transporta hacia la tolva de mezcla.
- La fracción de 10 - 40mm va al primer ciclón.
- Ciclón 1, mediante aire se aspira el polvo y restos ligeros y se separa de la fracción más pesada.
- Separador magnético, para eliminar metales férricos de la fracción pesada.
- Ciclón 2: La fracción pesada se lleva a la tolva de mezcla.
- Tolva de mezcla. En ella se recogen fracciones pétreas de diferentes granulometrías. Una vez homologado se reutilizará como sùbase en la realización de carreteras.

Bibliografía

- Manual de minimización y gestión de residuos en las obras de construcción y demolición, publicado por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Catalunya– IteC, agosto 2000.
- Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para el reciclaje de residuos de la construcción y demolición (en holandés: Beste Beschikbare Technieken (BBT) recyclage van bouwen slooppuin), A. Jabobs, E. Hooyberghs, K. Vrancken, J. Van Dessel* en W. Adams*, Estudio elaborado por el Centro de Conocimiento de mejores técnicas disponible de Flandres (Bélgica) para el Vlaams Gewest. ISBN 90 382 0721 2, Enero de 2005. Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf (WTCB).

8.8

CASO 7: CENIZAS VOLANTES QUE CONTIENEN SUSTANCIAS PELIGROSAS

Código LER y denominación del residuo

Orden MAM 304/2002

Código LER 19 01 13

Descripción Cenizas volantes que contienen sustancias peligrosas

Las cenizas volantes son residuos de procesos de combustión o pirólisis. Se ha elegido este residuo ya que en Aragón es el residuo peligroso con más volumen generado, generado por varios productores. A continuación se describen las posibilidades de utilización de este residuo según casos reales.

Descripción del proceso

En procesos de combustión o pirólisis, como en muchos otros procesos, las características de los productos y residuos generados dependen básicamente de dos factores:

- Características de los combustibles empleados (composición físico-química y poder calórico)
- Características del proceso (pretratamiento, tipo de combustión o pirólisis y post-tratamiento)

La estabilidad del proceso y su rendimiento ambiental dependen en gran medida de la homogeneidad en calidad y características térmicas del combustible. Ello a su vez repercute en operaciones como la limpieza de gases de combustión. Al ser, a menudo, la limpieza de gases de combustión un contribuyente significativo para los costes totales de la instalación (aproximadamente 15 a 35% de la inversión total), la optimización de toda la cadena puede contribuir significativamente en la reducción de costes.

Descripción y caracterización del residuo

Las cenizas volantes de procesos de combustión de productos residuales contienen normalmente sustancias peligrosas y sales. Contienen entre otros, metales pesados y pueden contener dioxinas y furanos, sobre todo si su tratamiento no es muy intensivo.

La composición final de las cenizas está determinada por las características de los residuos que entran en el proceso de combustión y también por el post-tratamiento que reciben a la salida del proceso. Existen técnicas de post-tratamiento que permiten mejorar considerablemente las características ambientales de las cenizas.

Descripción del caso

La composición de los gases de combustión de lodos de depuradora es distinta a la de los gases de una incineradora de residuos municipales. Las diferencias más relevantes son las siguientes:

Componentes	Residuos municipales	Lodos de depuradora
Polvo mg/Nm ³	1.000 – 5.000	30.000 – 200.000
Monóxido de carbón (CO) mg/Nm ³	5 – 50	5 – 50
Total de Carbón Orgánico mg/Nm ³	1 – 10	1 – 10
PCDD/PCDF (dioxinas y furanos) ngTEQ/Nm ³	0,5 – 10	0,1 – 10
Mercurio mg/Nm ³	0,05 – 0,5	0,2
Cadmio + Talio mg/Nm ³	<3	2,5
Otros metales pesados (Pb, Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn) mg/Nm ³	<50	800
Óxidos de Nitrógeno contado como NO ₂ mg/Nm ³	250 – 500	<200
Óxido Nitroso mg/Nm ³	<40	10–150

La Prevención comienza por el diseño

En general, se puede afirmar que la prevención de emisiones peligrosas comienza por un diseño apropiado de la planta y en especial del proceso de combustión y tratamiento de los gases de combustión y las cenizas volantes.

Si se conoce la composición de los residuos que entran y, además, si la variación en la composición es baja, se puede diseñar el proceso con mayor precisión que en el caso de haber una gran variación en la composición.

Buenas prácticas

Existe una lista con numerosas recomendaciones de buenas prácticas para la operación de plantas de combustión. En el caso específico de las cenizas volantes, destacan las siguientes:

- El orden general y la limpieza contribuyen a un ambiente de trabajo apropiado y permiten que los problemas operativos potenciales sean identificados con antelación.
- Mantener todo el equipamiento en correcto orden de trabajo y realizar inspecciones de mantenimiento y control preventivo para lograrlo.
- Establecer y mantener controles de calidad sobre la entrada de los productos, según los tipos de material que permite recibir la instalación.
- Mezclar el material antes de la entrada al bunker, en especial si existen diferencias en grado de humedad, para garantizar una combustión homogénea.
- Minimizar las entradas descontroladas de aire en la cámara de combustión vía rutas de carga de los residuos u otra vías.
- Optimizar y controlar la combustión mediante una combinación del control de suministro de aire (oxígeno), el control del nivel de temperatura y de distribución de la combustión, y el control de tiempo de residencia del gas bruto. Por ejemplo, el uso de temperaturas operativas por debajo de los 1100°C ha demostrado un rendimiento medioambiental

- similar o mejor que el uso de temperaturas más altas.
- Precalear el aire de combustión para productos de bajo poder calorífico, utilizando calor recuperado dentro de la instalación. Esto puede conducir a una combustión mejorada (p.ej. donde se queman productos con bajo poder calorífico o con una elevada humedad).
 - Utilizar una combinación de técnicas de limpieza de caldera en línea y fuera de línea para reducir la permanencia de polvo y su acumulación en la caldera.
 - Para el sistema de tratamiento de gases de combustión, básicamente existen cuatro tipos de tratamiento: seco con cal, seco con bicarbonato de sodio, semi-seco y húmedo. Considerando solamente la cantidad y la calidad de cenizas volantes, el mejor sistema de tratamiento de gases es el tratamiento húmedo. También es el sistema más complejo y más costoso.
 - La gestión separada de las escorias de las cenizas volantes y otros residuos del tratamiento de gases de combustión, para evitar contaminación de las escorias y mejorar la reutilización de las escorias.

Tratamiento de residuos de gases de combustión

- **Solidificación con cemento**
 Está técnica consiste en mezclar los residuos con minerales o aglomerantes hidráulicos (p.ej. cemento, cenizas volantes de carbón), aditivos para controlar las propiedades del cemento (generalmente reactivos de sílice para disminuir la lixiviación de plomo y reactivos de sulfuro para disminuir la lixiviación de otros metales), y abundante agua para asegurar que las reacciones de hidratación tengan lugar.
 En general los residuos reaccionan con el agua y el cemento para formar hidróxidos de metal o carbonatos que son normalmente menos solubles que los compuestos metálicos originales en la matriz de residuo.
 El producto solidificado se lleva normalmente al vertedero.

Ventajas	<p>Reduce el contacto con el agua y, por tanto el lixiviado.</p> <p>Se forman hidróxidos de metales menos solubles.</p> <p>Previene la emisión de polvo</p> <p>La técnica es sencilla.</p>
Desventajas	<p>No evita la lixiviación de sales solubles, lo que puede causar la desintegración física del producto solidificado.</p> <p>Aumenta considerablemente la cantidad de residuos a gestionar.</p> <p>Cuesta aprox. 25 euros por tonelada de residuo.</p>

- **Vitrificación y fusión**

La vitrificación y fusión dan lugar a la movilización de elementos volátiles como el mercurio (Hg) durante el proceso de tratamiento. Esto, en algunos procesos, se utiliza en combinación con otros parámetros para generar un producto reciclable con bajo contenido de metales pesados. La técnica es similar a otros procesos de vitrificación y fusión. La diferencia principal radica en el proceso de enfriamiento, y también, aunque en menor proporción, en el uso de aditivos específicos para favorecer la formación de una matriz vidriosa o cristalina.

Dependiendo del sistema de fusión, se pueden recuperar aleaciones de metal de la cámara de reacción como zinc (Zn) y plomo (Pb). Dependiendo de las temperaturas en la cámara de reacción y el estado de oxidación o reducción de la fase de gas, se volatilizan metales pesados (especialmente cadmio (Cd) y plomo (Pb)), que son removidos por el gas. Todas las configuraciones de proceso necesitan sistemas de tratamiento de gases para reducir emisiones.

Ventajas	<p>Productos fundidos y vitrificados generalmente muestran muy poca lixiviación.</p> <p>La vitrificación produce materiales estables y densos.</p> <p>Los contaminantes orgánicos se destruyen en el proceso.</p>
Desventajas	<p>Debido a presencia de metales pesados evaporados en el gas del proceso, es necesario introducir un sistema de tratamiento de estos gases, que puede tener lugar en las mismas instalaciones de tratamiento de gases de combustión.</p> <p>El proceso requiere mucha energía y por tanto también es costoso (aprox. 100 – 600 euros por tonelada).</p> <p>Los productos que resultan del proceso tienen una utilidad limitada comparada por ejemplo con escorias.</p> <p>Puede movilizar metales pesados como mercurio, plomo y zinc.</p>

- **Extracción ácida de cenizas volantes y cenizas de la caldera**
Este proceso combina una extracción de metales pesados solubles y de sales utilizando un scrubber ácido. Antes de utilizar el líquido del scrubber se extrae el mercurio por medio de filtración y/o intercambio iónico específico. El sulfato del scrubber se utiliza para fabricación de yeso.
El residuo del filtro contiene aproximadamente 25% de zinc y puede ser reciclado en un proceso metalúrgico.

Ventajas	<p>El proceso elimina una parte significativa de metales pesados (Cd: >85 %; Zn: >85 %; Pb, Cu: >33 %; Hg: >95 %).</p> <p>La lixiviación del residuo se reduce con un factor 100-1000.</p> <p>Zinc, cadmio y mercurio pueden ser reciclados.</p> <p>Pruebas de ecotoxicidad dan resultados positivos.</p>
Desventajas	<p>El contenido de dioxinas incrementa.</p> <p>Los sales y metales extraen con agua, que necesita tratamiento.</p> <p>Solamente se puede aplicar a un sistema húmedo de tratamiento de gases de combustión.</p> <p>El coste es aprox. 150 –250 euros por tonelada incluyendo el reciclaje de los residuos de zinc de los filtros</p>

- Tratamiento de residuos que provienen del tratamiento seco con bicarbonato de sodio

En plantas donde se utiliza tratamiento seco de gases de combustión con el sistema de bicarbonato de sodio, los residuos se almacenan en silos.

Estos residuos se disuelven, a un pH controlado, con ciertos aditivos. La suspensión pasa por un filtro que retira la fracción insoluble: hidróxidos de metales pesados, carbón activado y cenizas volantes. El agua recuperada, pasa por un filtro de arena y por una columna de carbón activado que adsorbe algunos compuestos orgánicos que pueden estar presentes. Las trazas finales de metales pesados se eliminan en dos columnas de resina de intercambio iónico para lograr un grado de salmuera de calidad apta para utilización en un proceso de fabricación de ceniza de soda industrial. El material filtrado, se elimina en vertedero.

Ventajas	<p>La cantidad de residuos a eliminar en vertedero se reduce a 2-4 kg por tonelada.</p> <p>El agua con NaCl se puede utilizar en la industria de cenizas de soda.</p> <p>Los costes de operación son bajos.</p>
Desventajas	<p>La técnica está patentada.</p> <p>El proceso requiere energía y materia prima adicional.</p>

- Tratamiento de residuos que provienen del tratamiento seco con bicarbonato de sodio utilizando aglutinantes

En plantas donde se utiliza tratamiento seco de gases de combustión con el sistema de bicarbonato de sodio, los residuos se almacenan en silos.

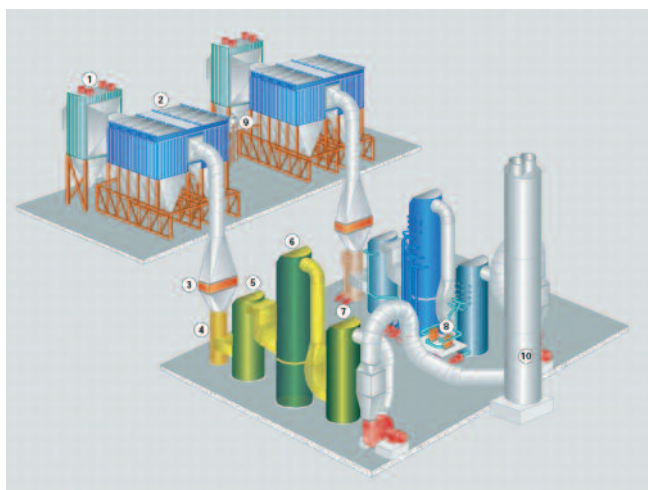
Los residuos se mezclan con aglomerantes hidráulicos y con agua para producir una solución acuosa con ciertos aditivos. Esta suspensión pasa por un filtro de bandas que separa los insolubles (conteniendo la mayor parte de los metales pesados). Los productos que resultan son salmuera y residuos de filtración.

La salmuera se filtra para poder ser utilizada en un proceso de ceniza de soda industrial. Los residuos de filtración, que contienen aglomerantes hidráulicos, se solidifican en una materia inerte (según estándares franceses); apropiada para eliminación en vertedero. El proceso no produce ningún residuo líquido.

Ventajas	<p>Genera pocos residuos</p> <p>El agua con NaCl se puede utilizar en la industria de cenizas de soda.</p> <p>Los costes de operación son bajos.</p>
Desventajas	<p>La técnica está patentada.</p> <p>Solamente es aplicable en instalaciones con sistema seco de tratamiento de gases de combustión con bicarbonato de sodio.</p>

Planta ejemplo de tratamiento de gases de combustión

En una de las plantas incineradoras de residuos urbanos más grandes y modernas del mundo, se ha instalado el siguiente sistema de tratamiento de gases de combustión.



- 1 filtro electrostático de cenizas volantes
- 2 filtro de mangas
- 3 intercambiador de calor "Economizer 2"
- 4 temple (bajada rápida de temperatura)
- 5 scrubber de HCl
- 6 scrubber de SO₂
- 7 scrubber fino
- 8 intercambiador de calor "Economizer 3"
- 9 sistema adsorbente de coque de alto horno
- 10 chimenea

Figura: Sistema de tratamiento de gases de combustión
(Fuente: Empresa de Agua y Energía de Amsterdam)

- Explicación del sistema

El sistema de Reducción Selectiva No-Catalítica se emplea para la reducción de óxido de nitrógeno. Para optimizar el proceso se emplea aire comprimido, en lugar de vapor, para la inyección de amoníaco en el horno, diluido con agua desmineralizada.

Para la pre-separación de cenizas volantes, se ha instalado un filtro electrostático justo después de la salida de la caldera. A continuación se ha instalado un filtro de mangas para eliminar las partículas finas y, mediante la inyección de carbón activado pulverizado o coque de alto horno, las dioxinas y furanos. Se añade caliza pulverizada a la inyección de coque para eliminar el riesgo de fuego y explosiones.

El intercambiador de calor de gas de combustión (ECO2) tiene el fin de precalentar el condensado después del filtro de mangas. Tras el intercambiador de calor se ha instalado el temple, donde los gases de combustión calientes se enfrían al punto de saturación. Esto se hace inyectando un exceso de agua. La condensación del agua en el temple también asegura que la solución ácida del siguiente scrubber se mantiene concentrada y pueda valorizarse como una solución salina al 10%.

Los scrubbers de ácido clorhídrico y de dióxido de azufre son los próximos pasos al limpiar componentes ácidos y amoniacales de los gases de combustión. En el scrubber de dióxido de azufre se añade una solución de cal como neutralizador. A pH 6, el dióxido de azufre reacciona para formar un lodo de yeso. Utilizando un filtro mangas, se puede producir yeso relativamente limpio que es apropiado para reutilización.

El siguiente paso del proceso consiste en un scrubber fino que también funciona como intercambiador de calor. Este enfriamiento conduce a la condensación de agua en el gas de combustión, reduciendo aún más las emisiones. El calor recuperado se utiliza para precalentar el condensado. Por el súper enfriamiento de los gases de combustión, el scrubber fino ECO3 produce agua de condensación prácticamente pura que se puede reutilizar en el sistema de limpieza de gas de combustión, principalmente en el scrubber de ácido clorhídrico y el temple. Los gases depurados y saturados de agua se emiten por la chimenea.

- Normativa estricta de reutilización

Hay que destacar que la normativa del país donde se localiza esta planta es de las más estrictas a nivel mundial en materia de reutilización de estos residuos en obras civiles. Por ejemplo, para poder aplicar los residuos en una obra, la lixiviación máxima puede superar el nivel de referencia en un 1% en 100 años, asumiendo que toda la lixiviación se queda en el primer metro de suelo. Si excede ese nivel, los residuos se pueden aplicar teniendo en cuenta medidas de protección. Si la lixiviación es tal, que

incluso con las medidas de protección (similar a las de un vertedero), puede aumentar el nivel de referencia del suelo en más de 1% en 100 años, la aplicación de ese material está prohibida.

Bibliografía

- Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, European Commission, August 2006
- Value from Waste, Waste Fired Power Plant; the new standard for recovery of sustainable energy, metals and building materials from urban waste, Afval Energie Bedrijf, City of Amsterdam, 2006.

8.9

CASO 8: TIERRA Y PIEDRAS QUE CONTIENEN SUSTANCIAS PELIGROSAS

Código LER y denominación del residuo

Orden MAM 304/2002

Código LER 17 05 03

Descripción Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas

Estos residuos provienen normalmente de la excavación de suelos contaminados.

Se ha elegido este residuo ya que en Aragón existe un número significativo de emplazamientos que pueden extraer tierras contaminadas y la cantidad generada en 2007 ha sido considerable. Existen diversas posibilidades para el tratamiento y utilización de este material que se describen a continuación.

Descripción del proceso

Los suelos se pueden contaminar de incontables maneras. Sin embargo, siempre existe un factor en común importante: la actividad humana. Las causas más comunes de contaminación pueden ser:

- Actividades industriales donde hay o ha habido derrames de sustancias peligrosas
- Accidentes con sustancias peligrosas
- Otras actividades humanas

En el caso de encontrar un suelo contaminado se han de seguir los pasos que prescribe el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Existen muchas técnicas disponibles para sanear un suelo contaminado. El residuo como tal sólo se genera en caso de decidir que es necesaria una excavación parcial o total del suelo contaminado.

Descripción y caracterización del residuo

El tipo de tierra o piedra (arenas, gravas, arcillas, turba, limos, etc.) puede variar al igual que el tipo de contaminación.

Según el código LER este grupo de residuos pertenece al grupo de residuos de construcción y demolición.

Descripción del caso

En este apartado no se describen casos concretos, sino las medidas de prevención y las posibilidades de saneamiento "ex-situ" de las tierras y piedras contaminadas con sustancias peligrosas.

En caso de tierras y/o piedras contaminadas, existen básicamente dos opciones: la eliminación en vertedero o la descontaminación. La decisión sobre la vía a tomar generalmente se toma en base a consideraciones económicas.

Técnicamente se puede descontaminar casi todos los tipos de tierras con cualquier tipo de contaminación.

Prevención

La prevención de la contaminación del suelo implica la aplicación de medidas activas y pasivas en actividades humanas que pueden causarla. Las medidas activas son, por ejemplo, el seguimiento de las buenas prácticas de gestión en estas actividades. Por otra parte, las medidas pasivas son aquellas que aseguran la no contaminación del suelo continuamente en caso de ocurrir un accidente, un claro ejemplo es el recubrimiento impermeable de los tanques de gasoil o gasolina.

Técnicas de inmovilización

Para descontaminar las tierras o piedras contaminadas existen varias técnicas. Las más comunes son las siguientes:

- Saneamiento térmico;
- Saneamiento extractivo;
- Saneamiento biológico;
- Inmovilización;

A continuación se describen brevemente estas técnicas:

- **Saneamiento térmico**
El saneamiento térmico de tierras y piedras contaminadas se basa en la evaporación y oxidación de sustancias peligrosas mediante un proceso térmico.
El saneamiento térmico es apto para extraer todos los tipos de contaminación orgánica, cianuros, mercurio y compuestos de mercurio. Este tipo de tratamiento es capaz de alcanzar las concentraciones propuestas independientemente de las concentraciones iniciales en el material.
- **Saneamiento extractivo**
En el proceso de saneamiento extractivo se pueden descontaminar el suelo de las siguientes maneras:
 - Concentración de la contaminación mediante la separación de diferentes fracciones. Esta técnica se basa en el hecho que los contaminantes se adsorben en la superficie de las partículas y que la superficie específica de partículas pequeñas es mayor que la de partículas grandes.
 - Saneamiento mediante separación por gravedad, flotación o separación magnética.
 - Extracción de los contaminantes mediante la disolución de los mismos en agua. Esta técnica se conoce simplemente como “extracción”.

Las tres técnicas anteriores se pueden combinar según sea necesario. De las tres, la separación de fracciones es la más utilizada, siendo apta para extraer sustancias orgánicas e inorgánicas. Los resultados finales dependerán de la concentración inicial de los contaminantes.

- **Saneamiento biológico**

Las técnicas biológicas consisten en el uso de microorganismos (levaduras, hongos o bacterias) para descomponer o degradar sustancias peligrosas presentes en los suelos. Ciertos microorganismos pueden digerir sustancias orgánicas peligrosas, como son los combustibles o disolventes, y descomponerlos en productos inocuos; principalmente dióxido de carbono y agua. La degradación de estas sustancias proporciona nutrientes y energía para estos organismos.

Una vez degradados los contaminantes, la población de microorganismos se extingue al haber agotado su fuente de alimento. Las poblaciones pequeñas sin alimento o los microorganismos muertos no presentan ningún riesgo de contaminación.

Esta técnica es apta para contaminantes de fácil degradación como aceites y compuestos policíclicos aromáticos sencillos (p.ej. fenantreno y antraceno). Sus resultados dependen de las concentraciones iniciales y la biodisponibilidad de las sustancias contaminantes.

- **Inmovilización**

La inmovilización es una técnica mediante la cual se transforman las características químicas y/o físicas del material en cuestión de tal manera que se minimiza, a corto y a largo plazo, la dispersión (por lixiviación o erosión) de los contaminantes.

El objeto del proceso de inmovilización es el de fijar las contaminaciones. Si existen suficientes garantías, se puede llegar incluso a reutilizar el material resultante.

Se pueden distinguir varios tipos de inmovilización:

- Técnicas basadas en añadir un aglutinante inorgánico
- Técnicas basadas en añadir un aglutinante orgánico
- Fijación química
- Técnicas térmicas

Las técnicas térmicas son sobre todo aptas para cócteles de contaminantes. Las otras técnicas se dirigen más hacia suelos contaminados con cianuros y metales pesados.

¿Se puede sanear?

La factibilidad de descontaminación de tierra o piedras depende de dos factores:

- Viabilidad técnica
- Viabilidad económica

- **La viabilidad técnica**

La viabilidad técnica se ha de determinar para cada caso. A continuación se muestra una tabla que indica la viabilidad técnica según el tipo y nivel de contaminación.

En la tabla se indican los niveles de contaminación máximos para cada una de las cuatro técnicas.

Nota: siempre hay que tener en cuenta que los niveles son indicativos. Cada caso es distinto y requiere la evaluación de un experto.

Tabla: Límites indicativos para las técnicas de saneamiento (expresado en un factor multiplicado por el valor de la tabla siguiente)

Sustancia química	Térmica	Extracción Sencillo	[factor x valor]			
			Extracción Avanzado	Biológica	Inmovilización	
Cu, Zn, Cd, Pb, Cr	0,97	5	-	20	1	25
Ni, Hg, As	0,97	2	-	5	1	15
Cianuro	400	5	-	20	1	20
BTEX	10.000	10	-	140	140	1,2
PAK	250	5	-	30	1	1,2
EOX	185	5	-	20	0,6	1,2
VOX	2.000	10	-	30	1	1,2
Olie (C14-C27)	100	10	-	100	20	1,2
Overig organisch	2.000	5	-	20	1	1,2
Asbest	0,97	20	-	100	1	1,2

El valor utilizado en la tabla arriba para el cálculo de los límites se muestra en la siguiente tabla.

Sustancia química	Valor	Unidad
Cu	120 mg/kg	m.s.
Zn	430 mg/kg	m.s.
Cd	8,0 mg/kg	m.s.
Pb	400 mg/kg	m.s.
Cr	260 mg/kg	m.s.
Ni	120 mg/kg	m.s.
Hg	8,0 mg/kg	m.s.
As	40 mg/kg	m.s.
Cianuro	20 mg/kg	m.s.
BTEX	1,4 mg/kg	m.s.
HAPs	12 mg/kg	m.s.
HOEs	0,8 mg/kg	m.s.
COVs	0,8 mg/kg	m.s.
Aceite mineral (C14-C27)	150 mg/kg	m.s.
Otros orgánicos	0,5 mg/kg	m.s.
Amianto	100 mg/kg	m.s.

BTEX Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno
 HAPs Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
 HOEs Halógenos Orgánicos Extraíbles
 COVs Compuestos orgánicos volátiles

Ejemplo

Hay una cantidad de tierras contaminadas con benceno y tolueno. Hasta una concentración de los contaminantes de $1,4 \times 10 = 14$ mg/kg se puede sanear esta tierra con una técnica de extracción sencilla. Hasta una concentración de $1,4 \times 140 = 196$ mg/kg se puede sanear con la técnica biológica o una extracción avanzada y hasta una concentración de $1,4 \times 10.000 = 14.000$ mg/kg se puede sanear con la técnica térmica.

La viabilidad económica

La viabilidad económica depende de los costes de saneamiento comparados con los costes de otras alternativas. Existen los siguientes rangos indicativos de costes del norte de Europa (año 2004):

- Saneamiento térmico: entre 40 y 60 euros por tonelada
- Saneamiento extractivo: entre 25 y 45 euros por tonelada
- Saneamiento biológico: entre 20 y 35 euros por tonelada
- Inmovilización: entre 30 y 50 euros por tonelada

Bibliografía

- Mejores Técnicas Disponibles en la ejecución de proyectos de saneamiento de suelos y centros de saneamiento de tierras (Beste Beschikbare Technieken (BBT) bij het uitvoeren van bodemsaneringsprojecten en bij grondreinigingscentra) en holandés, L. Goovaerts, R. Lookman, K. Vanbroekhoven, J. Gemoets y K. Vrancken, 2006, ISBN 978 90 382 1087 2
- Documento de conocimiento para la gestión del suelo y suelo bajo agua superficial (Kennisdokument voor bodem-en waterbodembeheer), www.bodemrichtlijn.nl, una página Web del Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Fomento, la Asociación de Municipios, todas las provincias, la Unión de la Gestión de Agua superficial y la Fundación para el desarrollo y transferencia de conocimiento sobre Suelos de Holanda, 2009.

8.10

CASO 9: ENVASES QUE CONTIENEN RESTOS DE SUSTANCIAS PELIGROSAS O ESTÁN CONTAMINADOS POR ELLAS

Código LER y denominación del residuo

Orden	MAM 304/2002
Código	LER 15 01 10
Descripción	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas

Se ha seleccionado este residuo ya que en Aragón se localizan numerosos productores y se genera en gran cantidad. Existen múltiples formas de gestionar y reutilizar este material. A continuación se describen estas posibilidades a partir de casos reales.

Descripción del proceso

Los envases que contienen sustancias peligrosas envasadas, quedan con restos de dichas sustancias después de haber sido utilizadas, convirtiendo así al envase en un residuo peligroso.

Descripción y caracterización del residuo

Todas las sustancias peligrosas (o materiales que contienen sustancias peligrosas) que se comercializan están dispuestas en envases. Éstos pueden ser envases de plástico, de papel/cartón, de metal y de otros materiales. En cuanto se utiliza el contenido, el envase siempre queda con restos de las sustancias que contenía. Así, estos envases no pueden ser eliminados en vertedero; los particulares pueden llevarlos a cualquier punto limpio y las empresas están obligadas a contratar un gestor autorizado para gestionar correctamente este residuo.

Descripción del caso

Técnicas de minimización

Existen varias maneras de minimizar la generación de envases:

- Comprar el material en grandes envases.
- Sustituir los envases por depósitos fijos, cuando las cantidades que de un producto se empleen en el proceso productivo hagan variable económicamente la compra de un depósito.
- Estudiar la posibilidad de eliminar determinadas sustancias o sustituirlas por otras ya empeladas en el proceso productivo, con el fin de no generar residuos de envases.
- Reutilizar aquellos envases en los que se puedan almacenar productos o materias hasta su utilización, viendo en todo momento su compatibilidad.

Cabe asimismo la posibilidad de desclasificar estos residuos de peligros a no peligrosos. Para ello, los poseedores del residuo deberán solicitar al órgano competente la desclasificación de estos residuos de manera que, a través de su desclasificación, se facilite su gestión en condiciones seguras y ambientalmente correctas, sin afectar a la salud humana ni al medio ambiente, conforme al espíritu de la normativa existente.

Puesto que el contenido de estos envases normalmente se diluye en agua, los poseedores podrían adoptar y documentar, con fines acreditativos y efectuando los controles operacionales oportunos, procedimientos que garantizaran que los envases, una vez vacíos, son lavados exhaustivamente de manera que no queda ningún resto de producto en su interior, y si fuera necesario, someterlo a una caracterización a través de alguno de los métodos existentes para determinar que la concentración de sustancias en el envase no es suficiente para considerarlo como residuo peligroso.

Puesto que la obligación de gestionar los envases industriales no desaparece, una vez desclasificados, estos residuos de envases serían entregados a un gestor autorizado.

Lo importante de este procedimiento sería ofrecer las suficientes pruebas al órgano competente de que el proceso de lavado, dadas las características de las circunstancias (solubles en agua), eliminan cualquier resto de producto del envase y que las aguas de dicho proceso de lavado son incorporadas a la propia actividad, de forma que no se generan residuos adicionales a tratar.

Una característica importante de este sistema, es que para la correcta gestión de los envases es necesaria la colaboración de particulares y empresas, exigiendo un gasto económico de las últimas.

El caso, que a continuación se describe, elimina el gasto económico directo de las empresas y únicamente se basa en su colaboración para transportar los envases contaminados a un punto de recogida. Existe un Sistema Integrado de Gestión que se ocupa de la gestión de los envases de productos fitosanitarios (herbicidas, insecticidas, fungicidas, etc.); necesarios en la agricultura (SIGFITO). Después de “sulfatar” y realizar los tratamientos a los cultivos, surge un problema importante: qué hacer con los envases vacíos.

SIGFITO recoge estos envases con financiación de los fabricantes de productos fitosanitarios. Este, a su vez repercute el coste en sus productos, por lo que la gestión correcta de los residuos de envases está incluida en el precio del producto.

El sistema dispone de contenedores en lugares como cooperativas, establecimientos de venta de productos fitosanitarios y grandes explotaciones. Estos puntos de recogida están identificados con un símbolo de la entidad gestora.

Los agricultores llevan los envases (garrafas, botes, sacos, bidones, etc.) vacíos al punto de recogida de su elección, incluso sin necesidad de ser clientes del establecimiento o socios de la cooperativa. La ubicación de los puntos de recogida está disponible en Internet y en mapas informativos distribuidos por la entidad gestora.

Antes de entregar los envases y siempre que sea posible, se recomienda hacer un triple enjuague de los mismos. El agua del enjuague se debe verter en la cuba o recipiente de aplicación, para evitar la contaminación.

En el momento de entrega de los envases el agricultor puede solicitar un albarán que acredite su cumplimiento de la Ley. Esta acreditación puede valer para la ayudas PAC o para comprobar protocolos de calidad de su explotación.

El comportamiento del consumidor final o empresario agrario es una de las claves de éxito de este sistema. El gestor que el agricultor está respondiendo de forma positiva a la iniciativa.

El papel que desempeña la Administración Pública, tanto nacional como autonómica o local, es también fundamental, ya que no sólo facilita la autorización, sino que coordina la aplicación coherente de las distintas normativas, establece los mecanismos de control para garantizar una correcta actuación de todos los agentes implicados, y tutela y asesora actividades imprescindibles como la comunicación y la información.

La viabilidad económica y medioambiental requiere que la red de puntos de recogida sea proporcional al consumo de fitosanitarios en cada zona. En esa línea, se ha aumentado la proporción de puntos con convenio. Asimismo, se han eliminado algunos centros con baja generación desviando sus residuos a otros centros y se han propuesto y ejecutado soluciones específicas a la generación de grandes volúmenes de residuos. En el futuro estas tendencias continuarán.

SIGFITO empezó su actividad en el año 2002 y aún sigue en aumento la cantidad anual de envases recogidos. En 2008, en cuanto a la gestión final, un 87% de todos los envases recuperados se recicló, mientras que un 4% fue aprovechado para valorización energética y aproximadamente un 0,5% fue reutilizado. El porcentaje de kilogramos destinados a vertederos de seguridad fue del 8%. Cabe indicar que resulta imposible reciclar el papel/cartón que entra en contacto con la sustancia peligrosa.

Por materiales de envasado recogidos por la empresa en 2008, el plástico es el elemento más abundante (83,9%), seguido del papel/cartón (9%) y del metal (6,5%).

Bibliografía

- Informes Anuales de 2007 y 2008 de SIGFITO y la información disponible en su página Web.

8.11

CASO 10: RESIDUOS DE PINTURA Y BARNIZ QUE CONTIENEN DISOLVENTES ORGÁNICOS U OTRAS SUSTANCIAS PELIGROSAS

Código LER y denominación del residuo

Orden MAM 304/2002

Código LER 08 01 11

Descripción Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas

Se ha seleccionado este residuo porque en Aragón hay muchos productores de este residuo y se produce en cantidades considerables. Se ha elegido especialmente debido a la existencia de múltiples alternativas que previenen la generación de residuos peligrosos como este. A continuación se describen las posibilidades para este residuo según casos reales.

Descripción del proceso

Las pinturas convencionales contienen sustancias peligrosas y/o disolventes orgánicos. Después de ser utilizadas, hay restos que permanecen en los envases o en otras formas. Los restos de las pinturas y barnices convencionales que contienen disolventes orgánicos y/o sustancias peligrosas, son considerados residuos peligrosos.

Descripción y caracterización del residuo

Las pinturas convencionales contienen productos sintéticos derivados de la industria petroquímica que pueden perjudicar el medio ambiente y la salud de las personas.

La peligrosidad de estos productos reside en los metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio, etc., y en los compuestos orgánicos volátiles como el xileno, tolueno, fenoles y formaldehídos, que son emitidos por pinturas y barnices mientras se aplican y al secarse (incluso semanas después).

Descripción del caso

Al igual que en otros casos de generación de residuos peligrosos, es importante primero reducir el flujo en origen para después estudiar las posibilidades de reciclaje.

Posibles medidas de prevención en origen

Estas técnicas están basadas en la minimización de la cantidad y/o peligrosidad de las emisiones y residuos en la misma fuente donde se generan mediante alguno de los siguientes métodos:

- Utilización de materias primas sin contaminantes o con una menor proporción de éstos: Supone la sustitución una materia prima con un potencial alto de contaminación por otra con prestaciones técnicas similares, pero cuya utilización suponga un menor impacto medioambiental.

Otra opción es la purificación de la materia prima con el objeto de alargar su vida útil (muchas veces se puede exigir al proveedor que suministre su producto con el mayor grado de pureza disponible).

- Modificación del proceso productivo: Se trata de realizar cambios en la tecnología, procedimiento, sustitución de equipos y maquinaria, segregación de flujos de residuos, mejoras en la gestión de materiales, etc.
- Alteraciones en los equipos auxiliares (calderas, compresores, generadores de vapor, etc.) o modificación de actividades complementarias al proceso productivo (mantenimiento, limpieza de instalaciones, depuración de materiales, etc.).
- Sustitución o modificación del producto por otro alternativo compatible con el actual, o incluso con ventajas desde el punto de vista del mercado. El cambio debe suponer una menor generación de emisiones y residuos.

Técnicas de reciclaje en el emplazamiento

Estas técnicas están basadas en el reciclaje del residuo dentro de la propia instalación, existiendo varias alternativas:

- Empleo del residuo en el mismo proceso de fabricación o en otro proceso.
- Recuperación de algún material que forme parte del residuo y que pueda ser utilizado dentro del emplazamiento.
- Utilización del residuo para diferentes aplicaciones útiles dentro de la empresa.

Cuando las dos primeras alternativas (prevención y reciclaje interno) no son viables, existe una tercera opción, reciclaje externo, que es la única alternativa actual que puede escoger una empresa cuando el resto de opciones de minimización han sido rechazadas.

Técnicas de reciclaje externo

En ese caso los residuos son retirados por una empresa externa, existiendo dos modalidades:

- El residuo es útil como materia prima o secundaria en una empresa externa, dispuesta a pagar dinero por él. En tal caso, se convierte en un subproducto siempre y cuando cumpla las condiciones como tal, que es vendido a dicha empresa. Las bolsas de residuos son muy útiles para encontrar un posible comprador de los mismos.
- Se paga a un gestor de residuos para que lo retire y lo trate o regenere en sus instalaciones.

A continuación se describen las distintas técnicas más a fondo.

PREVENCIÓN: sustitución y/o purificación de materias primas

El cambio de las materias primas actuales por las materias primas alternativas sólo se puede realizar cuando:

- La calidad y los resultados a obtener sean al menos los mismos que con los productos o procesos existentes.

- Los residuos generados con el proceso alternativo sean globalmente inferiores en cantidad y toxicidad.
- Los costes sean económicamente aceptables.

Las principales barreras al empleo de los procesos alternativos en procesos de aplicación de pinturas son:

- Desconfianza ante nuevos productos con resultados inciertos.
- Cambios en la forma y/o equipos de trabajo.
- Efectos secundarios asociados al desconocimiento de proceso y de los compuestos empleados.
- Modificación de las características externas del depósito (por ejemplo: diferencia de color en el depósito).

Es una buena práctica no poner en marcha ningún cambio sin tener un conocimiento preciso de las exigencias del usuario ya que un incumplimiento puede conducir al rechazo.

Existen varias opciones que se han demostrado como sustitutos viables para los procesos actuales. Estos procesos alternativos se describen a continuación.

Pintura en polvo

Descripción	<p>Esta técnica se basa en la deposición sobre sustratos metálicos de un producto en polvo especialmente formulado, fundible bajo la acción de una fuente de calor. No se utilizan disolventes, con lo que se eliminan los problemas asociados a la contaminación y seguridad e higiene derivados del uso de disolventes. La pintura en polvo produce muy pocas o ninguna emisión de VOC's, no genera residuos por productos caducados y no necesita cabina húmeda.</p>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • La productividad se ve incrementada porque, en ausencia de disolventes, el recubrimiento puede ser curado inmediatamente después de su aplicación, ya que el curado es termoactivado y su tiempo es corto. • Una ventaja de tipo técnico es que materiales especiales, como el nylon, que no pueden ser aplicados mediante sistemas convencionales en base disolvente, pueden ser aplicados en forma de polvo. • Adicionalmente, las superficies con formas complejas pueden ser recubiertas con mayor nivelación.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Alto coste. • Aspecto no suficientemente bueno para ciertos productos. • Los sustratos sensibles al calor no se pueden pintar con este tipo de pinturas. • Ciertos diseños pueden impedir el logro de un recubrimiento total. • Problemas de igualación del color. • Consumo excesivo de tiempo en el cambio de color. • Aumento de consumo energético en el proceso de curación al aumentar la temperatura.
Pinturas utilizadas con más frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Epoxi: Es el grupo que ofrece mejor resistencia química y a la corrosión. Exhibe, sin embargo, una pobre resistencia a los rayos ultravioletas (UV). Se aplica para el pintado de conducciones de gas y aceite, filtros de aceite, componentes ocultos del automóvil, fornituras de interiores, equipamiento de laboratorio, aplicaciones de interiores (estantes de frigoríficos, etc.). • Poliéster: Exhibe una excelente flexibilidad y durabilidad, con una buena resistencia a exteriores (UV). Se usa con gran frecuencia. Puede proporcionar recubrimientos uniformes y delgados en una amplia gama de brillos desde la alta distinción de imagen (DOI, 90%) hasta aspectos satinados (5%). Se aplica para fornituras de exterior, equipamiento para césped y jardín, llantas de aluminio para automóviles, aplicaciones exteriores (carreteras, refrigeradores, etc.), transformadores exteriores, aluminio para la construcción, lámparas fluorescentes, equipamiento de aire acondicionado, etc. • Acrílico: Las pinturas acrílicas ofrecen la mejor durabilidad exterior y exhiben una excelente dureza y resistencia al rascado. Proporcionan también recubrimientos muy uniformes y brillantes, pero menos flexibles que el poliéster o epoxi. Su amplia durabilidad en exteriores las hacen ideales para su uso en el automóvil y la construcción. Su resistencia a limpiadores cáusticos hacen de ellos un material de elección para equipamiento de cocinas. Se aplica en iluminación de exteriores, instalaciones de cuarto de baño, llantas de aluminio de automóviles, exteriores del automóvil, aplicaciones exteriores, aluminio para la construcción, etc.

Pintura al agua

Descripción	<p>En las pinturas al agua, como su nombre indica, el diluyente utilizado es agua. Todas las pinturas al agua contienen, sin embargo, pequeñas cantidades de disolventes orgánicos, que pueden alcanzar hasta un 20% en peso, y que actúan como agentes estabilizantes, dispersantes o coalescentes. Las pinturas al agua ofrecen ciertas ventajas sobre las pinturas en base disolventes.</p> <p>Estas pinturas pueden utilizarse en aplicaciones tales como estanterías de supermercados, bastidores, hardware metálico de ordenadores, equipamiento metálico de laboratorio, cuadros de bicicletas, luminarias, automóviles y en general componentes resistentes a altas temperaturas de horneado.</p>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • No son inflamables, • Son menos tóxicas • Dan lugar a una emisión de disolventes considerablemente menor. • Se elimina la necesidad de utilizar diluyentes para el control de la viscosidad y el uso de solventes para las operaciones de limpieza. • Las aguas residuales que genera la utilización de pinturas al agua contienen un bajo o nulo contenido en sustancias tóxicas, debido al limitado contenido en disolventes. • En la actualidad existe un amplio rango de pinturas al agua que permiten obtener toda una gama de colores y brillos. • La mayor parte de las pinturas de agua pueden secar y curar a temperaturas menores de 90°C. En este caso, las propiedades de los recubrimientos adolecen de las buenas propiedades ya comentadas. Sin embargo existen formulaciones que curando a temperaturas del orden de 121°C (e incluso mayores de 162°C a 204°C) presentan recubrimientos cuyas estructuras son completamente análogas a sus contrapartidas en base disolvente y por tanto de excelentes propiedades en cuanto a dureza, resistencia a la abrasión, color y retención del brillo, resistencia a la radiación solar, a productos químicos, detergentes y disolvente.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Generalmente producen recubrimientos de buenas propiedades, pero de menor durabilidad y peor resistencia química que los poliuretanos y epoxi de dos componentes. • La superficie a pintar debe estar exenta completamente de restos de suciedad como grasas o aceites, so pena de obtener problemas de adherencia. • Son pinturas que requieren largos tiempos de secado, lo cual conduce a la necesidad de efectuar fuertes inversiones para las líneas de secado. • Los estudios desarrollados en la industria del automóvil indican que la eficacia de transferencia de las pinturas al agua es significativamente menor que la de las pinturas en base disolvente, a no ser que se utilicen sofisticadas técnicas de aplicación.
Uso más frecuente	<p>Se dividen en tres grandes clases, según sean polímeros solubles en agua, emulsiones o dispersiones.</p>
Notas	<p>Pueden utilizarse como capa base, a la cual aplicar posteriormente recubrimientos. Como acabado puede aplicarse para estructuras metálicas para la construcción, herramientas para granjas, cuadros eléctricos, armarios metálicos, marcos, postes de vallas, y productos similares. Su aplicación más común es cuando se requiere solamente una moderada protección frente a los requerimientos de tipo decorativo. Aunque se utilizan extensamente para superficies metálicas, también pueden ser aplicadas en superficies no metálicas de madera (tablero) y plásticos.</p>

Pintura por electrodeposición

Descripción	<p>La pintura de electroforesis presenta gran similitud con los recubrimientos metálicos electrolíticos y se usa ampliamente para el recubrimiento de las carrocerías de automóviles. En este proceso los objetos a ser recubiertos son sumergidos en una solución acuosa, donde un material orgánico en dispersión se deposita en la superficie eléctricamente conductora de los objetos bajo la acción de una corriente eléctrica. Las formulaciones de estas pinturas incluyen clases especiales de compuestos orgánicos no volátiles.</p>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Formación de películas de protección en las áreas desfavorecidas de las piezas. • La utilización de agua implica la virtual eliminación de riesgos de inflamación, reduciendo las emisiones contaminantes y los costes del control de ambos riesgos. • Viscosidad del baño escasa. • Las capas depositadas pueden ser rápidamente enjuagadas. Un subsiguiente recubrimiento al agua o base disolvente aplicado por pulverización puede depositarse directamente sobre el electro recubrimiento no curado. • Los costes de materiales, mantenimiento y amortización son del 50% de los costes de las otras técnicas de aplicación. • La producción de residuos es mínima, así como la emisión de VOC's.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • La imposibilidad de aumentar el espesor del recubrimiento una vez que éste es tal que su resistencia eléctrica impide que se alcance la densidad mínima de corriente para la deposición. • La necesidad de disponer de tanques de tamaño suficiente para poder tratar cualquier tipo de pieza, pero la desventaja fundamental está en que el procedimiento no permite depositar más de una capa.
Notas	<p>Pese a estas limitaciones se usa ampliamente en el sector del automóvil, y en el sector de decoración de piezas metálicas recubiertas electrolíticamente a las que se aplica laca electroforética sin necesidad de que las piezas estén previamente secadas.</p>

Sustitución de pigmentos conteniendo cromatos

La utilización de cromatos se ha aplicado tanto en pigmentos anticorrosivos en imprimaciones, como en capas de acabado que se caracterizan por tener la mayor retención de color conocida. En los últimos años, los cromatos de las imprimaciones están siendo reemplazados por pigmentos inorgánicos menos tóxicos, tales como los fosfatos de zinc o los pigmentos órgano-metálicos.

En las capas de acabado, los cromatos pueden ser substituidos por pigmentos orgánicos con similar retención de color. Estos pigmentos alternativos son, sin embargo, más caros y cuando se aplican, se observa que la capacidad de nivelación de la pintura se ve desfavorablemente afectada.

PREVENCIÓN: Modificación de proceso productivo

- Modificación y sustitución de equipos
El nivel de generación de residuos puede verse reducido por la instalación de equipos de mayor eficiencia, o mo-

dificación y actualización de los existentes. Estos equipos pueden procesar con mayor efectividad las materias primas, produciendo así menos residuos, o reducir el número de productos rechazados que deban ser nuevamente reprocesados o gestionados como residuos. Generalmente, la instalación de equipamientos más efectivos, se amortiza por sí misma, debido a la mejora en la productividad, reducción de costes de materias primas y reducción de gastos de gestión de residuos.

Un conjunto de modificaciones simples y de coste reducido son aquellas encaminadas a evitar las pérdidas y la contaminación de los materiales utilizados en los procesos. La instalación de nuevos equipos puede requerir inversiones no sólo en equipamiento, sino también en infraestructura y formación de empleados. La magnitud de las inversiones puede variar ampliamente, en función del tipo de equipamiento usado, desde varios miles de euros a cifras más importantes en casos como la sustitución de instalaciones de pintura base disolvente por pintura en polvo.

En el campo de las pinturas y barnices, una de las actuaciones más eficaces para la minimización se refiere a la sustitución de la técnica de aplicación aerográfica convencional. Durante el proceso de pintura mediante esta técnica más del 50% de la pintura se pierde en forma de suspensión de partículas.

Los cambios en los procesos, tendentes a incrementar dicha eficacia, van ligados muchas veces a cambios del tipo de pintura o cambios en su formulación.

Una modificación asociada a cualquier sistema de aplicación de pintura líquida, es la pulverización en caliente, la cual produce ventajas suplementarias en la minimización de residuos y emisiones a la atmósfera.

Pulverización a baja presión (HVLP)

Descripción	<p>Contrariamente a la pulverización clásica, donde la presión puede alcanzar 5,4 bar en la boquilla de la pistola, la pulverización a baja presión (alto volumen, baja presión) utiliza para atomizar el producto un gran volumen de aire a baja presión (0,7 bar o menos).</p> <p>La atomización de la pintura es menos fina, con lo que las gotas formadas son más pesadas y por tanto menos sujetas a rebotar o a crear niebla parásita.</p>
Ventajas	<p>Las ventajas de la técnica son derivadas de la alta eficacia de transferencia. Además proporciona un buen poder cubriente en zonas desfavorecidas de las piezas.</p>
Desventajas	<p>Las desventajas son una atomización no tan fina y coste elevado de los equipos necesarios para la producción de grandes caudales de aire.</p>

Pulverización sin aire (air-less)

Descripción	<p>El sistema air-less es un método de aplicación de pinturas que no utiliza directamente aire comprimido para atomizar la pintura. La atomización se produce por medio de una descompresión brutal de la pintura previamente presurizada a alta presión (100 - 300 bar), mediante una bomba de alta presión de tipo pistón o de membrana. La configuración de la pistola es especial para conseguir una atomización en abanico.</p>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">• La eliminación total de nieblas parásitas.• La alta velocidad de aplicación, el doble que la obtenida con un sistema convencional. Su eficacia de transferencia es de un 20 a 30% mejor que la aplicación convencional aerográfica. Permite la obtención de capas espesas de una sola pasada y la utilización de productos viscosos.• Proporciona un buen poder de recubrimiento en las cavidades de las piezas.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">• La poca atomización que produce. Es difícil de controlar presentando gran tendencia a producir superficies irregulares.• Las boquillas y los repuestos son caros y el equipo necesita un mantenimiento muy riguroso debido a las altas presiones utilizadas.• La velocidad de proyección de la pintura constituye un riesgo para la seguridad del personal

Pulverización “air-mix”

Descripción	El sistema de aplicación “air-mix”, nació en los años 1970 como una combinación de las mejores características de los procesos aerográfico convencional y “air-less”. En la técnica se produce una pulverización de la pintura, obtenida gracias a una bomba de baja presión (35 bares), rematada por una ligera aportación de aire a 1,5 bares.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Produce una pulverización prácticamente exenta de neblinas, como resultado de la poca velocidad de las partículas de pintura 0,6 m/s (en comparación con la velocidad de las partículas aerográficas 1,2 m/s y la de “air-less” 10 m/s) • Minimiza extraordinariamente el efecto rebote, aun obteniéndose unos buenos resultados de cubrición en las zonas mas desfavorables. • La eficacia de transferencia es muy buena, con una atomización muy fina.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • No se llega a obtener una atomización tan fina como con las pistolas convencionales, • Tienen tendencia a presentar problemas de oclusión de orificios • Necesita un control y mantenimiento mayor, aunque no tan riguroso como en el caso del sistema “air-less”.

Pulverización electrostática

Descripción	El sistema es una versión mejorada de las alternativas de pulverización neumática. Consiste en utilizar las fuerzas de un campo electrostático elevado (tensión de 100 a 30.000 V) para favorecer la formación y división de las partículas de pintura dentro de la niebla de pulverización. Las partículas son cargadas negativamente y atraídas por la pieza a pintar conectada a tierra. Estas partículas eléctricas del mismo signo no se aglomeran dentro de la niebla, lo que permite un excelente reparto. Las partículas de pintura siguen las líneas del campo electrostático y se dirigen hacia el objeto a pintar llegando incluso a sus partes más inaccesibles.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de pintura: eficacia acentuada en un 20 o 30%. • Mejor recubrimiento de las aristas. • Recubrimiento de las caras ocultas. • Fácil automatización. • Mejora del rendimiento, con disminución del tiempo de aplicación.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Recubrimiento difícil de cavidades (efecto de jaula de Faraday: el interior de los cuerpos huecos no se electriza). • Necesidad de tener disolventes especiales que permitan bajar la resistividad de las pinturas a fin que la carga eléctrica de las partículas se máxima. • Riesgo de concentración de pinturas en aristas. • Los componentes a pintar deben ser conductores.

Aplicación de pintura polvo

Descripción	El sistema de aplicación de pintura en polvo más frecuente es la proyección electrostática. Con este sistema, el polvo es aplicado con una pistola asistida con aire comprimido y proyectada, a través de ésta, hacia la superficie de las piezas. Un electrodo situado en la pistola ioniza la suspensión de polvo y aire, induciendo una carga en las partículas de pintura. La superficie a ser recubierta está conectada a tierra, con lo que el polvo es electrostáticamente atraído hacia la superficie. El espesor de la capa de pintura está limitado por la pérdida de atracción del polvo hacia la superficie, dando como resultado un espesor muy uniforme incluso en piezas con un conformado complejo. La capa de pintura es subsiguientemente fundida y curada en un horno convencional.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • En las aplicaciones industriales, un sistema de aspiración recoge la suspensión de polvo. El polvo aspirado es separado mediante un sistema de filtración de aire para su reutilización. Este modo de proceder llega a aprovechar del 90 al 95% de la pintura proyectada. • Se pueden aplicar pinturas en polvo a gran espesor (0,2 - 1,5 mm) sobre pequeños objetos.
Desventajas	
Notas	Como ejemplos de estas aplicaciones podemos encontrar: piezas de cinturones de seguridad, cestas de alambre, parrillas de electrodomésticos, escurrer platos, mobiliario de jardín, etc.

Pulverización en caliente

Descripción	Una pintura se pulveriza tanto mejor cuanto más fluida sea, y para obtener el grado de viscosidad necesaria se añaden habitualmente cantidades variables de disolventes. Un método alternativo consiste en calentar la pintura antes de la pulverización para bajar la viscosidad. Se utilizan para esto calentadores de pintura equipados con resistencias y termostato (60 - 80°C). La pulverización en caliente puede ser aplicada con la pistola clásica de alta presión o electrostática.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de diluyente. • Tiempo de secado abreviado (reducción de goteos). • Alto grado de brillo de la capa. • Depósitos de capas espesas. • Ahorro de tiempo.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • los disolventes presentes en la pintura se evaporan al calentar y tal vez hay que tomar medidas de protección contra concentraciones altas.

Aparte de las medidas técnicas, siempre se ha de tener en cuenta las buenas prácticas medioambientales. Puntos importantes para poder llevarlas a cabo son:

- Sensibilización y formación de operarios
- Compra, almacenamiento y manipulación responsable de materias primas
- Mantenimiento preventivo
- Prevención de fugas y derrames
- Agua limpia de alimentación para el proceso

RECICLAJE: Técnicas de reciclado

Las técnicas de reciclaje y recuperación, sólo deberían ser consideradas cuando las demás opciones ya hayan sido examinadas e implantadas. Actualmente, la reducción de residuos en origen suele ser más efectiva, desde el punto de vista económico, que el reciclaje. Las posibilidades de reciclaje más modernos para la minimización de residuos en las plantas de pintura se describen a continuación.

RECICLAJE: Reciclaje de pintura soluble en agua

Teniendo en cuenta la tendencia a la reducción en las emisiones de disolventes, las pinturas solubles en agua han encontrado mundialmente una gran entrada en el pintado de las carrocerías de automóviles.

El hecho de que estas pinturas sean solubles en agua ofrece adicionalmente la posibilidad de recuperar la pintura sobrante (overspray) del agua de lavado de las cabinas de pintura eliminando el agua o extrayendo los componentes de pintura.

Para poder convertir el material de pintura saliente del dispositivo de aplicación de pintura, y el que no ha llegado a aplicarse a las carrocerías, al final de proceso de recuperación en un material utilizable, esta pintura debe cumplir las siguientes condiciones previas:

- La pintura no debe alterarse por el contacto con el aire de forma inadmisibles en su recorrido del dispositivo de aplicación de pintura hasta el agua.
- La pintura debe poderse diluir ilimitadamente en el agua de la cabina y volverse a espesar posteriormente sin que presenten alteraciones irreversibles de las propiedades de la pintura.
- La pintura no debe alterarse de forma inadmisibles durante el correspondiente proceso de espesamiento y no debería perjudicar en lo posible la función de la instalación de espesamiento.
- La calidad del concentrado recuperado de pintura es esencialmente determinado por sustancias ajenas añadidas al agua de lavado en la cabina de pintura. Mediante filtros apropiados se pueden separar del agua de cabina las partículas de pintura parcialmente secas y partículas gruesas sucias.

La cabina de pintura debe corresponder a los siguientes requerimientos:

- Reducido volumen de agua.
- Ninguna sedimentación de partículas de pintura en la cabina, ningunas zonas muertas.
- Conducción adecuada de corriente para evitar la formación de espuma.
- Al desconectar no debe permanecer ningún agua de recirculación en la cabina.
- Funcionamiento de lavado con agua desmineralizada.
- Agua desmineralizada para limpieza de la cabina.

Para la recuperación de concentrados de pintura del agua de lavado de cabinas de pintura se utilizan los procesos de ultrafiltración, electroforesis y evaporación en las instalaciones de producción.

Reciclaje de disolventes agotados

La recuperación de disolventes agotados, por ejemplo, utilizados en procesos de limpieza de útiles, puede llevarse a cabo mediante la aplicación de técnicas de destilación.

El disolvente agotado se introduce en la cuba de reciclaje, la cual dispone de un sistema de calentamiento a través de un fluido térmico. La temperatura se controla mediante un termostato. El destilador incorpora un sistema de barrido de fondo para acelerar la evaporación y evitar la formación de depósitos. La evaporación se ve favorecida por un efecto de stripping producido por la insuflación de aire comprimido. El gas, así obtenido, se dirige a través del circuito de condensación hasta un separador de fases tipo decantador, quedando el disolvente listo para su reutilización.

Bibliografía

- Manual de minimización y buenas prácticas en el sector de aplicación de pintura, David Ortiz Azagra y Ana María Hurtado Ruiz, 2006.
- Integrated Pollution Prevention and Control. Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents. European Commission. Mayo 2007



Más información

Dirección General de Calidad Ambiental y Cambio Climático
Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón
Edificio Pignatelli. Pº Mª Agustín 36. 50071 Zaragoza
Tel. 976 71 45 42 // Fax 976 71 40 36
ma@aragon.es // www.aragon.es



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Medio Ambiente