

TEXTE

42/2018

Las mejores prácticas para la gestión de residuos municipales

Recopilación de información sobre distintos enfoques para la gestión sustentable de residuos municipales y sobre las tecnologías y equipamientos correspondientes

TEXTE 42/2018

Sachverständigengutachten

Projektnummer 56401

UBA-FB 002527/CD

Las mejores prácticas para la gestión de residuos municipales

Recopilación de información sobre distintos enfoques para la gestión sustentable de residuos municipales y sobre las tecnologías y equipamientos correspondientes

by

Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Bernd Bilitewski
INTECUS Dresden GmbH, Dresden

Dipl. –Ing. Jörg Wagner
INTECUS Dresden GmbH, Dresden


Dipl. –Ing. Jan Reichenbach ppa.
INTECUS Dresden GmbH, Dresden

On behalf of the German Environment Agency

Imprint

Publisher:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
info@umweltbundesamt.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Study performed by:

INTECUS Dresden GmbH – Abfallwirtschaft und umweltintegratives Management
Pohlandstraße 17
01309 Dresden

Study completed in:

June 2017

Edited by:

Section III 2.4 Waste Technology, Waste Technology Transfer
Ralf Menzel

Publication as pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, May 2018

The responsibility for the content of this publication lies with the author(s).

TABLA DE CONTENIDO

Principios básicos de una buena gestión de recursos y residuos y su transposición	4
Legislación de la UE sobre la gestión de residuos	7
Regulaciones para distintos tipos de residuos en la UE	11
Normas con respecto a la tecnología en la UE.....	16
Prevención en la generación de residuos.	18
Caracterización del área de recolección...	26
Opciones para el tratamiento de las principales fracciones de residuos municipales según las condiciones locales.....	33
Opción 1	35
Opción 2	36
Opción 3	37
Opción 4	38
Opción 5	39
Opción 6	40
Opción 7	41
Opción 8	42
Opción 9	43
Opción 10	44
Opción 11	45
Opción 12	46
Opción 13	47
Opción 14	48
Las distintas posibilidades de tratamiento de residuos y su aplicación específica a nivel local	49
Financiación de la gestión de residuos y posibilidades para la cobertura de los gastos	61
Recolección y recogida, así como transbordo y transporte de residuos urbanos.....	76
Contenedor de gancho	83
Contenedor de cadena	87
Contenedor de Residuos móvil	90
Contenedores de depósito	95
Bolsas y sacos de residuos	99
Contenedores intermedios flexibles para granel	102
Vehículo recolector de carga trasera ..	106
Vehículo recolector de carga frontal ...	110
Vehículo recolector de carga lateral ...	114
Recolección neumática de residuos ...	118
Sistema de identificación de contenedores (residuos)	122
Semiremolque con piso móvil	127
Caja móvil	130
Estaciones de transferencia	134
Preparación, tratamiento y aprovechamiento de residuos urbanos	138
Clasificación y preparación de residuos de papel	149
Preparación y clasificación de residuos de vidrio	156
Clasificación y preparación de envases ligeros	161
Preparación y clasificación de residuos voluminosos	168
Compostaje de residuos orgánicos	173
Digestión anaeróbica	181
Tratamiento mecánico-biológico de residuos	190
Secado solar	202

Preparación y tratamiento de residuos urbanos Co-incineración industrial ...	206
Preparación y tratamiento de residuos urbanos Incineración en parrilla	212
Preparación y tratamiento de residuos urbanos Incineración de lecho fluidizado	219
Preparación y tratamiento de residuos urbanos Tratamiento de gases de combustión	226
Procesamiento y tratamiento de residuos urbanos Recuperación de fósforo	235
Almacenamiento provisional y disposición final de residuos.....	244
Almacenamiento temporal de residuos	246
Vertederos para residuos inertes	250
Vertedero para residuos no peligrosos	254
Vertederos para residuos peligrosos .	261
Gestión de flujos de residuos específicos	268
Residuos de la construcción y la demolición	271
Vehículos al final de su vida útil	277
Neumáticos usados	282
Aceites usados	287
Pilas y baterías usadas	291
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	299
Lámparas fuera de uso	307
Residuos médicos y hospitalarios	310
Pinturas y barnices	316
Alfombras fuera de uso	318
Gestión de flujos de residuos específicos Fangos de depuración municipales	321

Introducción

La necesidad de detener el agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático y de asegurar un lugar para vivir saludable para una sociedad cada vez mayor se ha convertido en un desafío global que incrementa la necesidad de minimizar la generación de residuos y de manejar los residuos generados de manera efectiva y sustentable a escala mundial. Este deber se aplica a todos los países, independientemente de su estado de desarrollo. Por lo tanto, muchos países se enfrentan con la necesidad de iniciar un proceso de transformación de los esquemas convencionales para la disposición de residuos por medio del simple vertido y relleno sanitario a la implementación gradual de una gestión de residuos de bucle cerrado.

Alemania ha atravesado este proceso durante las últimas décadas y sus resultados en la adopción de soluciones innovativas y en la implementación de una gestión de residuos moderna orientada al futuro han sido muy reconocidos. Rara vez han habido cambios técnicos, organizacionales o legales en la gestión de residuos del país que no hayan, al mismo tiempo, promovido y acelerado el desarrollo de soluciones y tecnologías novedosas para la misma gestión de residuos. A través de estos, todos los actores y las partes interesadas en la gestión de residuos tienen una experiencia cada vez mayor y han sido capaces de desarrollar las capacidades necesarias para enfrentar los desafíos y necesidades que han surgido, con las nuevas políticas y disposiciones legales que fueron adoptadas, luego, a nivel de la Unión Europea. Un amplio espectro de medidas adecuadas y de diferentes tipos de soluciones técnicas para diferentes tipos de problemas y residuos pudieron desarrollarse y aplicarse como resultado de ellas.

Los proveedores alemanes de tecnologías y equipamientos son líderes en este rubro, rol que, hoy en día, no solo se basa en el alto grado de innovación, fiabilidad y eficacia de sus productos, sino también, en la vasta experiencia que han acuñado tras muchos años de aplicación. Los proveedores y usuarios de las diferentes soluciones conocen los requisitos y las condiciones necesarias para que una medida o tecnología se adapte eficientemente, las limitaciones de su aplicación y como todo esto debe considerarse en conjunto para establecer un sistema de gestión de residuos efectivo y de buen funcionamiento.

Habiendo reconocido los serios desafíos que se presentan y la necesidad de una mejor protección ambiental en muchos países en todo el mundo, Alemania ha asumido el compromiso de apoyar la transferencia de conocimientos y tecnologías para la protección ambiental y de promover, en general, la exportación de tecnologías adecuadas y ya probadas y en particular, de técnicas y equipos para una gestión de residuos sustentable. Una parte esencial de estos esfuerzos es proveer a potenciales usuarios información detallada de los logros más avanzados con respecto a las prácticas sustentables de gestión de residuos y de los productos y servicios que las compañías alemanas pueden ofrecer, especialmente en materia de maquinaria, instalaciones, equipos de recolección y transporte. Toda la información que aquí se presenta intenta: Dar de manera sólida y sistemática una mirada general de las exitosas estrategias y técnicas aplicadas en Alemania, proveer a los círculos interesados, locales y extranjeros, una idea de las posibilidades de una aplicación más amplia y al mismo tiempo, facilitar un acceso conveniente a parámetros técnicos orientativos y a datos de apoyo y de los respectivos operadores o proveedores de Alemania.

Principios básicos de una buena gestión de recursos y residuos y su transposición

Introducción

El modo de vida actual y las actividades económicas han hecho inevitable que se produzcan residuos, entre los cuales también hay, entre otros, desechos especialmente peligrosos y tóxicos. Para asegurar la calidad de vida y conservar el equilibrio ecológico es necesario, por un lado, hacerse cargo de estos residuos, aprovecharlos en el sentido de la preservación de los recursos y en aquellos casos donde no sea posible, eliminarlos de manera que se ocasione el menos daño posible. Pero al mismo tiempo debe reducirse también la generación de residuos. Armonizar la protección del medio ambiente con la conservación de la fuerza económica de tal forma, que se pueda lograr un desarrollo sostenible, es un desafío especial.

La Unión Europea juega un importante papel en los temas del medio ambiente y en los esfuerzos por lograr un desarrollo sostenible en todas partes del mundo, e intenta ser precursora en muchos ámbitos y un ejemplo para otras regiones. Para ello, no aboga por una mera política de prohibiciones, sino que trata de establecer una política ambiental basada en la convicción de que normas de protección medioambiental estrictas estimulan innovaciones y posibilidades de negocios y que la política económica, industrial, social y ambiental deben estar relacionadas estrechamente. El desarrollo y la aplicación de principios básicos para la actuación política y práctica es un proceso importante, que aporta también los fundamentos para formular la legislación. En lo que respecta a la gestión de recursos y residuos, este proceso se expresa en la determinación de planes de acción ambiental, iniciativas y estrategias, las que reflejan el principio de la prevención¹ y el principio del causante² como principios básicos para la política

¹ En el caso de peligros ambientales más bien potenciales que comprobados, la Comisión Europea actúa según el principio de prevención, es decir, propone medidas de protección, cuando hay un riesgo real - incluso aunque todavía esté pendiente la prueba científica definitiva.

² Según el principio del causante, quien ocasiona contaminaciones medioambientales mediante su actuación debe hacerse cargo de los costos para proteger al medio ambiente contra los peligros que emanan de su actuación y/o de la eliminación de los impactos. En su caso, se exige al causante hacer inversiones, a fin de cumplir normas superiores. Puede además ser obligado a aceptar la devolución de determinados productos después de su uso, a reciclarlos o a eliminarlos. Otra posibilidad consiste en gravar con impuestos especiales procedimientos que fomentan el consumo de recursos o

ambiental en la UE.

La intención consiste en procurar, mediante la aplicación de estos principios, que el consumo de los recursos renovables y no renovables no exceda los límites de capacidad del medio ambiente, meta que se pretende lograr desacoplando el crecimiento económico del consumo de recursos, aprovechando los recursos en una forma más eficiente y reduciendo la cantidad de residuos generados. La meta concreta para los residuos consiste en disminuir en un 50 % los residuos a eliminar definitivamente hasta el año 2050.

La estrategia desarrollada para ello persigue la reducción de las contaminaciones ambientales ocasionadas por residuos durante toda su vida, partiendo desde su producción, pasando por el reciclado hasta su eliminación. En este concepto, los residuos no solo se consideran como una causa de la contaminación ambiental, que debe ser reducida, sino que también como una potencial materia prima reutilizable. La gestión de residuos se convierte en una gestión del flujo de materiales y economía circular, con la meta de una preservación de los recursos orientada al flujo de materiales.

En este contexto, el vertido de residuos no es una solución practicable a largo plazo para la eliminación de los residuos. También una simple incineración de residuos sin seleccionar constituye solo una alternativa poco satisfactoria, debido a las pérdidas de materiales, a las emisiones y a los restos con alta concentración de sustancias nocivas que ello conlleva. Tras la prevención en la generación de residuos como principio de actuación primordial para preservar los recursos y reducir las contaminaciones ambientales, el siguiente enfoque preferencial para una gestión sostenible de residuos debe ser la preparación para su reutilización. Productos y mercancías que se han convertido en desechos deben ser conducidos, tras una etapa intermedia de preparación, a una reutilización. El tercer enfoque exige el aprovechamiento de los residuos mediante el reciclado de los materiales contenidos en ellos y su reincorporación al ciclo productivo. En este punto, la selección de determinados materiales residuales en el lugar donde se generan, o durante su recolección y recogida, tiene una gran importancia. En el caso del orden de prioridades descrito se habla también

imponérselos a empresas o consumidores que utilizan productos nocivos para el medio ambiente. La responsabilidad respecto a los productos y la responsabilidad de los productores forman parte del principio del causante.

de la aplicación de la jerarquía de residuos, acordada en la UE como principio para medidas normativas en el ámbito de la economía circular. En conformidad con esta jerarquía, los residuos han de,

- ▶ en primer lugar, evitarse, sobre todo reduciendo la cantidad y nocividad,
- ▶ en segundo término, prepararse para una reutilización,
- ▶ en tercer término, reciclarse y
- ▶ en cuarto lugar, someterse a otra forma de aprovechamiento, por ej. a una recuperación de energía.
- ▶ Los restos de residuos deben eliminarse de modo compatible con el interés público.

La característica esencial del derecho de eliminación de residuos en la Unión Europea es la orientación fundamental de idéntico carácter, expresada con los objetivos:

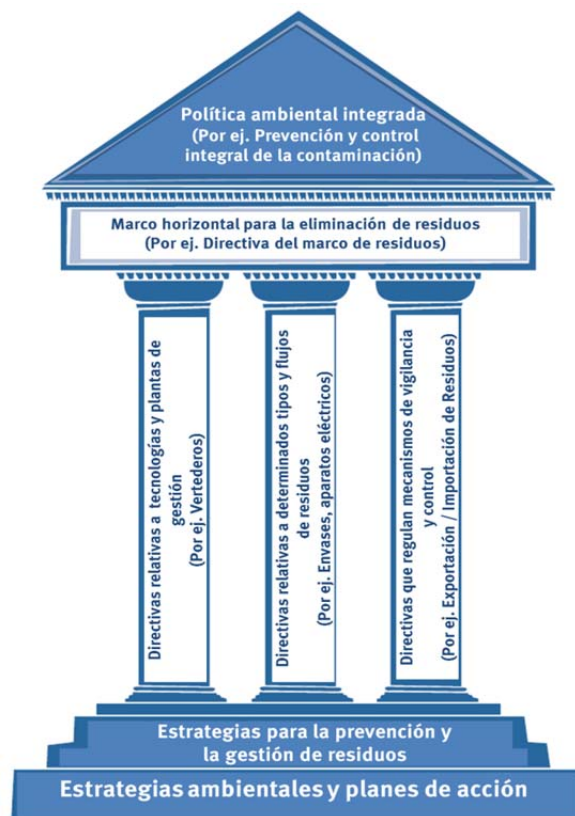
- ▶ Limitación de la cantidad y de la intensidad de residuos
- ▶ Desacoplamiento del crecimiento económico de la cantidad generada de residuos
- ▶ Fomento de la reutilización, del reciclado y del aprovechamiento.

Sin embargo, la jerarquía de los objetivos debe tomar en cuenta las distintas consecuencias ambientales que pueden conllevar los diferentes métodos de tratamiento de los residuos. Pero la meta de una sociedad de reciclado y aprovechamiento significa ir avanzando hacia arriba en la jerarquía, apartándose del vertido, hacia más reciclado y más aprovechamiento. Ese es el elemento esencial del concepto, que considera las consecuencias ambientales y el ciclo de vida de los recursos.

El edificio de la política europea de residuos en su conjunto, inclusive la legislación, puede ser ilustrado como en la Figura 1. La superestructura está constituida por regulaciones para una política ambiental integrada y un marco coordinado para la gestión de residuos, que tiene como objetivo limitar la cantidad de residuos generada y alcanzar el mejor posible procesamiento y la mejor posible eliminación de los residuos. Estrategias que señalan metas y medidas, con las cuales se pretende reducir las contaminaciones ambientales ocasionadas en la generación y la gestión de los residuos, conforman los cimientos (marco horizontal para el derecho de

eliminación de residuos de la UE).

Figura 1: Estructura básica del edificio jurídico europeo para la gestión de residuos



Diversas directivas sirven para la implementación, en lo cual se puede diferenciar entre

- ▶ directivas relativas a determinadas tecnologías y plantas de la gestión de residuos,
- ▶ directivas relativas a determinados tipos y flujos de residuos y
- ▶ directivas que regulan mecanismos de vigilancia y control.

Las directivas aprobadas a nivel de la UE proporcionan un marco jurídico a los distintos Estados miembros, entre ellos, también a Alemania, marco que los Estados complementan con legislaciones y medidas nacionales propias (Cuadro 1). Es decir, partiendo de las condiciones específicas y particularidades in situ, los legisladores y las autoridades locales establecen por su parte normativas, que satisfacen tanto los requisitos especiales in situ, como también los objetivos planteados para Europa. Por consiguiente, los principios básicos desarrollados para y practicados en la UE para la gestión de residuos pueden servir también en cualquier otra parte del mundo como orientación para lograr un desarrollo sostenible y fomentar y realizar las mejores prácticas.

Principios básicos de una buena gestión de recursos y residuos y su transposición

Los así llamados documentos MTD o BREF (documentos de referencia de las mejores técnicas disponibles - Best available techniques REFERENCE documents) apoyan la implementación práctica y constituyen documentos de referencia importantes para conocer las normas y prácticas exigidas en los documentos legales de la UE.

En estos documentos se describen los procedimientos aplicados en la Comunidad para actividades industriales y se muestran los impactos medioambientales, así como los consumos que se presentan en el curso de la aplicación. Estos datos no deben entenderse como límites vinculantes a perseguir,

sino que como informaciones de orientación sobre tecnologías y formas de proceder avanzadas dignas de implementar.

- ▶ BREF – Tratamiento de residuos ([de](#) / [en](#))
- ▶ BREF – Incineración de residuos ([de](#) / [en](#))
- ▶ BREF – Gestión de la roca estéril y las escombreras en el sector minero ([de](#) / [en](#))
- ▶ BREF – Sistemas de gestión y tratamiento de aguas y gases residuales en el sector químico ([de](#) / [en](#))
- ▶ BREF – Mataderos e industrias de subproductos animales ([de](#) / [en](#))

Cuadro 1: Cuadro sinóptico sobre marcos jurídicos y documentos interpretativos para la gestión de residuos en la UE

Marco horizontal para el derecho de eliminación de residuos de la UE (normas de principio)		
Directiva sobre los residuos (directiva marco sobre residuos CE) (2008/98/CE) Plan de acción de la UE para la economía circular COM(2015) 614 final Una Europa que utilice eficazmente los recursos - iniciativa emblemática COM (2011)0021 final 7. Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente 1386/2013/UE		
Flujo de residuos – Regulación específica	Vigilancia y control	Regulaciones tecnológicas
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Envases y residuos de envases (94/62/CE) ▶ Vehículos al final de su vida útil (2000/53/CE) ▶ Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (2012/19/UE) ▶ Pilas y acumuladores y residuos de pilas y acumuladores (2006/66/CE) ▶ Eliminación de los policlorobifenilos y de los policloroterfenilos (PCB/PCT) (96/59/CE) ▶ Utilización de los lodos de depuradora en la agricultura (86/278/CEE) ▶ Residuos de industrias extractivas (2006/21/CE) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Traslados de residuos en el interior, a la entrada y a la salida de la Comunidad Europea (CE) No. 1013/2006 ▶ Vigilancia y control de los traslados de residuos radiactivos y combustible nuclear gastado (2006/117/Euratom) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Vertido de residuos (99/31/CE) ▶ Instalaciones portuarias receptoras de desechos generados por buques y residuos de carga (2000/59/CE) ▶ Directiva sobre las emisiones industriales (2010/75/UE)

Legislación de la UE sobre la gestión de residuos

- ▶ Directiva Marco de Residuos
- ▶ Reglamento para el transporte de residuos
- ▶ Iniciativas emblemáticas de la UE para una utilización eficiente de recursos
- ▶ Programa de acción en materia de medio ambiente

Directiva Marco de Residuos

Directiva 2008/98/EC del 19 de Noviembre del 2008 sobre residuos	
Referencias	OJ L 312/3, 22.11.2008 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:de:PDF
Contenido principal / objetivos	Proveer un marco para la gestión coordinada de residuos en los países miembros con el fin de limitar la generación de residuos y optimizar la organización del tratamiento de residuos y su disposición.
Definiciones	„Residuos“ son, de acuerdo al artículo 3 de la Directiva Marco de Residuos, cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprende o tenga la intención o deba desprenderse. Como poseedor de residuos se entiende al productor de residuos o a la persona física o jurídica que este en posesión de los mismos. La Directiva Marco de Residuos establece definiciones para diferentes temas relacionados con varios aspectos de la gestión de residuos y para crear consenso sobre la comunicación en toda la UE sobre los residuos y, una economía circular.
Puntos claves	<ul style="list-style-type: none">▶ Obliga a todos los poseedores de residuos a tratarlos y disponerlos de acuerdo al marco y a las medidas estipuladas.▶ La legislación establece una jerarquía de medidas para la gestión de residuos: prevención, reutilización, reciclado, recuperación con otros fines (como la valorización energética) y eliminación.▶ Exige el establecimiento de una red adecuada de instalaciones para la gestión de residuos con el objeto de prevenir la disposición ilegal y dar la posibilidad a los poseedores de residuos de actuar de manera adecuada y poder tratar los residuos generados siguiendo los principios de proximidad y auto suficiencia.▶ Debe ser promovido el uso eficiente de los recursos. Los productos deben ser reutilizados si es posible y los residuos materiales recuperados, utilizados como materia prima en procesos de producción.▶ Los estados miembros deben, regularmente, elaborar programas de gestión de residuos y desarrollar programas de prevención.▶ Se exigen controles sobre las empresas encargadas de usar y eliminar residuos.▶ Los costos de la gestión de los residuos deben ser cubiertos por el productor de los mismos (aplicación del principio “quien contamina paga”).

Reglamento para el transporte de residuos

Reglamento (EG) N° 1013/2006 sobre el transporte de residuos	
Referencias	OJ L 190/1, 12.7.2006 Internet: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R1013:EN:NOT
Contenido principal / objetivos	El principal objetivo de este reglamento es la protección del medio ambiente por medio del establecimiento de un sistema unificado de supervisión y control de todos los movimientos de residuos que se dan en la UE.
Puntos claves	<ul style="list-style-type: none">▶ El transporte de residuos peligrosos debe reducirse al mínimo mediante medidas adecuadas.▶ Para el transporte de residuos para su disposición, deben tenerse en cuenta los principios de proximidad, prioridad de recuperación y de autosuficiencia a nivel comunitario y nacional.▶ Se debe establecer una red adecuada e integradora de instalaciones para el tratamiento de residuos.▶ En el caso de transporte residuos destinados a ser recuperados se debe asegurar que en las instalaciones receptoras se apliquen las mejores técnicas disponibles.▶ Los cargamentos de residuos que han sido ilegales o cuyos tratamientos no han podido ser completados de la manera estipulada deben ser devueltos al país de origen y dispuestos de una manera alternativa.▶ Establece la categorización de residuos y los agrupa en listas (Rojo, amarillo, verde) que sirven como base para establecer las posibilidades, limitaciones y procesos para el transporte▶ Establece un sistema común y obligatorio de notificación y documentos estandarizados para los transportes de residuos.▶ Organizar la supervisión y el control de los cargamentos de residuos de manera que se tenga en cuenta la necesidad de proteger el medio ambiente y la salud humana y la aplicación uniforme del reglamento.

Iniciativas emblemáticas de la UE para una utilización eficiente de recursos

Iniciativas emblemáticas de la UE para una utilización eficiente de recursos COM (2011) 0021 final	
Referencias	COM (2011) 0021 final Internet: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:52011DC0021
Contenido principal / Objetivos	Estas iniciativas emblemáticas proveen un marco a largo plazo para implementar diferentes políticas, apoyando agendas políticas que traten el cambio climático, energía, transporte, industria, materia prima, agricultura, pesca, biodiversidad y desarrollo regional. Bajo estas iniciativas los estados miembros son llamados a apuntar a una economía eficiente en el uso de recursos y de baja en carbón y que tomen las medidas necesarias que permitan: <ul style="list-style-type: none">▶ Incentivar el desarrollo económico mientras se reduce la demanda de recursos naturales (lograr el objetivo de disociación).▶ Crear nuevas oportunidades de crecimiento económico, de innovación y mejorar la competitividad de la UE.

Iniciativas emblemáticas de la UE para una utilización eficiente de recursos COM (2011) 0021 final	
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Asegurar el suministro de recurso esenciales y ▶ Combatir el cambio climático y limitar el impacto ambiental del uso de recursos naturales.
Puntos claves	<p>Un objetivo importante de las iniciativas es la inclusión a largo plazo y de manera equilibrada de la eficiencia en el uso de recursos en todas las actividades económicas. Como componente esencial para lograr la protección a largo plazo de los recursos se proponen planes de trabajo coordinados para las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Figurar lo que la UE debe realizar para concretar una economía de baja en carbono en 2050, reduciendo las emisiones de gases invernaderos un 80-95%, como parte de los esfuerzos globales por combatir el cambio climático, mientras se mejora la seguridad energética y se promueve el desarrollo sustentable y más trabajos. ▶ Analizar como puede la UE crear , para el año 2050, un sistema de energía bajo en carbono , eficiente en el uso de recursos, seguro y competitivo. Esto debería proveer las certezas suficientes para inversores, investigaciones y legisladores. ▶ Presentar una visión para un sistema de transporte bajo en carbono, eficiente en el uso de recursos, seguro y competitivo para el año 2050 que remueva todos los obstáculos para el mercado interno de medios de transporte, promueva tecnologías limpias y permita la modernización de las redes de transporte; ▶ Definir objetivos al mediano y largo plazo y las medidas correspondientes para alcanzarlos apuntando siempre a la disociación entre el crecimiento económico y el uso de recursos y su impacto ambiental. <p>En el apéndice de estas iniciativas emblemáticas se en listan los plazos y plan de acción para la realización de las actividades mencionadas. Aquí se mencionarán algunas con mayor relación a la gestión de residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Plan de eficiencia Europe 2020 ▶ Abordar los retos de los mercados de productos básicos y de materias primas ▶ Economía baja en carbono 2050. Plan de accion. ▶ Separar el crecimiento económico del uso de recursos.

Programa de acción en materia de medio ambiente

7 ^{mo} Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente: Decisión N° 1386/2013/EU el 20. Noviembre del 2013 sobre Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2020 “Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta”	
Referencias	<p>L 354/171 Internet: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32013D1386</p>
Contenido principal / Objetivos	<p>Sucesivos programas de acción generales en materia de medio ambiente, desde 1973, han establecido el marco para las acciones de la UE con respecto al medio ambiente. El programa actual es el séptimo de su tipo y cubre hasta el año 2020. A través de este programa de acción ambiental, la UE ha convenido aumentar sus esfuerzos para proteger el capital natural, estimular el uso eficiente de recursos, reducir las emisiones de carbono y salvaguardar la salud y el bienestar de las personas mientras se respetan los límites naturales del planeta Tierra.</p>
Puntos claves	<p>Este programa enlista 9 objetivos principales y que debe hacer la UE para concretarles para el año 2020:</p>

7^{mo} Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente: Decisión N° 1386/2013/EU el 20. Noviembre del 2013 sobre Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2020 “Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta”

- ▶ Protección, conserva y mejora de el capital natural de la UE
- ▶ Convertir la economía europea en una economía eficiente en el uso de recursos, verde, competitiva y baja en carbono.
- ▶ Proteger a los ciudadanos de la UE de amenazas relacionadas con el medio ambiente y los riesgos correspondientes a la salud y al bienestar.
- ▶ Maximizar los beneficios de la legislación europea por medio de mejoras en la implementación de la misma.
- ▶ Incrementar los conocimientos en materia de medio ambiente y así dar mas herramientas para la mejor elección de políticas.
- ▶ Asegurar la inversión en políticas climáticas y ambientales y dar cuenta de los costos ambientales de cualquier actividad social.
- ▶ Integrar mejor los temas medio ambientales en otras áreas de implementación de políticas y asegurar coherencia a la hora de implementar nuevas políticas.
- ▶ Hacer las ciudades de la unión más sustentables.
- ▶ Mejorar la capacidad de respuesta de la UE a problemas ambientales y climáticos internacionales

Regulaciones para distintos tipos de residuos en la UE

- ▶ Directiva en residuos de envases
- ▶ Directiva en residuos de aparatos electrónicos y eléctricos
- ▶ Directiva en vehículos fuera de uso
- ▶ Directiva para residuos de pilas y baterías
- ▶ Otras directivas, incl.
 - Directiva en la protección del medio ambiente cuando los lodos residuales son utilizados en la agricultura
 - Directiva 2006/21/EG En la gestión de residuos de industrias de extracción

Directiva residuos de envases

Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y sus residuos. Modificada por la directiva 2004/12/EC del 11 de febrero del 2004, y la Directiva 2013/2/EU del 7 de febrero del 2013

Referencias	OJ L 365, 31.12.1994; OJ L 284, 31.10.2003; OJ L 47, 18.2.2004; OJ L 70, 16.3.2005; OJ L 87, 31.3.2009; OJ L 37/10, 08.02.2013; OJ L 115, 6.5.2015 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31994L0062
Contenido principal objetivos	El principal objetivo de esta directiva es armonizar las diferentes medidas tomadas por los países miembros de la UE con respecto a la gestión de residuos de envases para, por un lado, prevenir y reducir su impacto en el medio ambiente y por otro lado, para asegurar el funcionamiento del mercado interno y evitar obstáculos para el comercio y la distorsión y restricción de la competencia.
Definiciones	La directiva cubre todos los envases en el mercado de la comunidad y todos los residuos de envases, ya sean, industriales, comerciales, de oficina, servicios, doméstico o cualquier otro nivel, sin importar el material usado. La Directiva 2014/12/EC (modificando la directiva 94/62/EC) establece criterios que clarifican la definición del término "envase" mientras la Directiva 2013/2/EU extiende esto por medio de una lista de ejemplos ilustrativos para clarificar casos en los que no se sabía si se trataban de envases o no.
Puntos claves	<ul style="list-style-type: none"> ▶ La gestión de residuos de envases debe tener como prioridad máxima la prevención de la generación de los mismos ▶ La recuperación y el reciclado de envases deben ser asegurados por lo que los estados miembros deben introducir sistemas para la devolución y/o la recolección de envases usados que permitan alcanzar objetivos específicos. Los siguientes objetivos mínimos deben cumplirse desde el 31 de diciembre del 2008: <ul style="list-style-type: none"> - 60 % en peso de vidrio, - 60 % en peso de papel y cartón, - 50 % en peso para metales, - 22,5 % en peso para plásticos. Solo se consideran las cantidades que tienen la posibilidad de ser 100% reciclables como plástico - 15 % en peso de madera ▶ El uso de bolsas plásticas en los estados miembros debe ser reducido progresivamente, con un valor máximo inicial de 90 bolsas por persona por año para el año 2019, seguido de 40 bolsas por persona por año para el año 2025. Desde el 2019 los vendedores no podrán dar bolsas plásticas gratis a no ser que se asegure la recolección del consumo de otro modo.

	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Deben desarrollarse bases de datos armonizadas para monitorear el progreso en el alcance de los objetivos de la directiva. ▶ Establece requisitos esenciales para la composición y la naturaleza de los envases recuperables y reciclables. Especialmente limitando la presencia en los envases de metales nocivos y otras sustancias con un impacto en el medio ambiente relevante.
--	---

Directiva en residuos de aparatos electrónicos y eléctricos

DIRECTIVA 2012/19/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Referencias	<p>OJ L 197, 24.07.2012 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0019&qid=1438929351669</p>
Contenido principal / objetivos	<p>El principal objetivo de esta directiva es la prevención de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) junto con la promoción de la reutilización, reciclado y otras formas de recuperación para reducir su disposición final.</p>
Definiciones	<p>Los términos “equipos eléctricos y electrónicos” y sus respectivos residuos (RAEE) hacen referencia a los objetos de uso doméstico y comercial que dependen de la energía eléctrica o de campos electromagnéticos para funcionar correctamente y a los equipos de generación, transferencia y medición de la corriente eléctrica. Están excluidos de esta definición y de esta directiva los equipos eléctricos y electrónicos usados para propósitos militares, y focos que exceden cierta tensión y uso de filamentos.</p>
Puntos claves	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Se debe promover el diseño y producción de equipos eléctricos y electrónicos que tengan en cuenta y faciliten el desmantelamiento y su recuperación, en particular la reutilización y el reciclado de los RAEE, sus componentes y materiales. ▶ Se deben tomar medidas apropiadas para minimizar la disposición de RAEE como residuo municipal sin clasificar y adoptar una recolección separadas de los RAEE domésticos. ▶ Se debe dar la posibilidad, en los negocios de cierta envergadura, a los usuarios finales de devolver sin cargo los RAEE de tamaño pequeño y sin la obligación de comprar AEE equivalentes. ▶ Estipula las responsabilidades y obligaciones del productor de RAEE donde éstos deben financiar la recolección, tratamiento, recuperación y la disposición controlada de los RAEE domésticos depositados en las instalaciones de recolección. ▶ Tasa de recogida necesaria para la instalación de sistemas de recolección eficientes. (hasta 2019 un mínimo de 45% de peso promedio AEE colocados en el mercado, y desde 2019, 65 %o alternativamente 85%. ▶ Establece tasas de reciclaje y recuperación dependiendo de la categoría del RAEE con valores de 75-85% para recuperación y 55-80% para reciclado ▶ Exige un tratamiento específico para los RAEE usando los mejores tratamientos, técnicas de recuperación y reciclaje disponibles y una extracción mínima de ciertas sustancias durante el tratamiento. ▶ Establece criterios para diferenciar AEE reutilizables de los RAEE cuando son transportados. ▶ Estipula la instalación de una infraestructura de inspección y monitoreo por la cuál se pueda verificar la correcta aplicación de la directiva.

	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Obliga a los productores a proveer información de cómo se pueden reutilizar o tratar cada nuevo tipo de AEE colocado en el mercado ▶ Se demanda la realización de registros de productores y la recopilación de información, incluyendo estimaciones fundamentadas, sobre una base anual sobre las cantidades y categorías de AEE puestos en el mercado y recolectado por diferentes vías, reutilizados, reciclados y recuperados en los estados miembros y en los residuos exportados, por peso o, si no es posible, por número de unidades.
--	--

Directiva en vehículos fuera de uso

Directiva 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, sobre vehículos al final de su vida útil

Referencias	OJ L 269, 21.10.2000; Cuya última modificación OJ L 128, 19.05.2016 relativa a la directiva de la comisión 2016/774/EU http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AIOL_2016_128_R_0002
Contenido principal / Objetivos	El objetivo principal es minimizar el impacto ambiental de los residuos provenientes de vehículos usados, asegurar una mayor reutilización de los materiales utilizados en los vehículos y mejorar la conservación de energía. Por lo tanto, estipula la instalación de sistemas de recolección adecuados y medidas adecuadas para el reciclado de los vehículos usados y sus partes.
Definiciones	Vehículos fuera de usos son aquellos de la categoría M1 (turismo) y N1 (vehículos comerciales ligeros de hasta 3,5 toneladas), que son residuos en el sentido de la <u>Directiva Marco de residuos 2008/98/CE</u>
Puntos claves	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Establecer un marco con el cuál se realicen diseños de vehículos que faciliten su reciclado, la creación de redes de recolección y reciclado para vehículos fuera de usos y sus partes, y en el cuál, eventualmente, se cumplan con los objetivos pre-establecidos de tasas de reciclaje, reutilización y recuperación de los vehículos fuera de uso ▶ Implementación de la recolección separada de las diferentes partes y componentes peligrosos de los vehículos y medidas que apunten a la financiación de la gestión de los vehículos fuera de uso por parte de la industria automotriz y no por parte del dueño final del vehículo. ▶ El último tenedor del vehículo debe tener la posibilidad de disponerlo en una instalación de tratamiento sin ningún coste adicional. ▶ Establecer registros y controles en la disposición y el reciclado de vehículos fuera de uso. ▶ Es obligatorio extraer y separar ciertos componentes y sustancias peligrosas durante el tratamiento de los vehículos fuera de uso. ▶ Tasa de reutilización y reciclaje de las partes de los vehículos (85% desde 2015) y tasa de reutilización de los vehículos completos (95% desde 2015) ▶ Exclusión o limitación en el uso de sustancias peligrosas como metales pesados, mercurio, cadmio, plomo etc. ▶ Fabricantes deben proporcionar información para el desmontaje. ▶ Los fabricantes, de acuerdo con la directiva 2005/64/EG deben cumplir un mínimo de requisitos en vista a la reutilizabilidad y la reciclabilidad de los componentes utilizados en la producción de vehículos.

Directiva para residuos de pilas y baterías

Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores, y por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE	
Referencias	OJ L 266, 26.9.2006; OJ L 76, 11.03.2008; OJ L 327, 5.12.2008; OJ L 329, 10.12.2013 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0066:EN:NOT
Contenido principal / objetivos	El objeto central de esta directiva es minimizar el impacto negativo en el medio ambiente de pilas, baterías y sus correspondientes residuos. Otros requisitos cómo el contenido de metales pesados y la identificación de pilas y baterías deben ser armonizados para asegurar el funcionamiento del mercado interno y evitar distorsiones de competencia en la Comunidad.
Definiciones	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Definiciones para los distintos tipos de baterías en el mercado ▶ El alcance de esta directiva abarca todas las pilas y baterías colocadas en el mercado dentro de la UE con algunas excepciones como el equipamiento designado para uso militar o en misiones espaciales
Puntos claves	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Prohibir la colocación en el mercado de todas las pilas y baterías que contenga mas de un 0,0005% en peso de mercurio y prohibir las pilas y baterías que contengan mas de un 0,002% de cadmio en peso. ▶ Exige un comportamiento medio ambiental a todas las partes involucradas en el ciclo de vida de las baterías y pilas, como productores, distribuidores, usuarios finales y ,sobre todo, los operadores encargados en el tratamiento y el reciclado de pilas y baterías ▶ Prohíbe la disposición en vertederos o la incineración de baterías industriales o de automóviles. ▶ Deben establecerse esquemas de recolección que aseguren una alta tasa de recolección (un mínimo de 45% de recolección debe alcanzarse el 26 de septiembre de 2016). Estos esquemas deben permitir que los usuarios finales descarten las pilas y baterías sin un costo adicional. ▶ Eficiencias de reciclaje mínimas como: <ul style="list-style-type: none"> a) Reciclado de un 65% en peso promedio de baterías/acumuladores de plomo-ácido b) Reciclado de un 75% en peso promedio de baterías /acumuladores níquel-cadmio c) Reciclado de un 50% en peso promedio de otros tipos de baterías /acumuladores ▶ Los esquemas de tratamiento y reciclado deben emplear las mejores técnicas disponibles, mientras que lo que se entiende por “reciclado” debe excluir la recuperación de energía ▶ Debe introducirse un sistema de identificación ▶ Estipula la designación de responsabilidades a los productores y para ésto todos los productores deben estar registrados. Los productores deben financiar los costos de recolección, tratamiento y reciclaje de todas las pilas y baterías.

Otras directivas

Directiva 86/278/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1986, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura	
Referencias	OJ L 181, 04.07.1986 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:31986L0278
Contenido principal objetivos	<p>La UE regula la utilización de lodos de depuradoras en la agricultura para prevenir efectos dañinos en suelo, la vegetación, los animales y en los humanos. En particular, establece límites en la concentración de ciertas sustancias en estos lodos, prohíbe la utilización de estos en ciertos casos y regula el tratamiento de los lodos</p> <p>Nota importante: Nuevos conocimientos y procesos tecnológicos han surgido desde que se publicó esta directiva y no son debidamente representados en materia legal en esta directiva. Esto da lugar a muchas iniciativas de cambiar estas políticas pronto o producir reglamentaciones mas avanzadas. A nivel nacional, entre otros también Alemania, los compromisos y la utilización de lodos de depuradoras ya han sido expandidos o cambiados y se ha iniciado una reducción a largo plazo de la utilización de estos lodos en la agricultura y/o las restricciones para tal uso han aumentado significativamente.</p>
Definiciones	<p>Lodos, según esta directiva son todos los lodos residuales provenientes de:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o urbanas o plantas que traten aguas residuales de similares características a las ya mencionadas. ▶ Tanques sépticos y otras instalaciones de características similares. ▶ Lodos tratados han pasado por tratamientos químicos, térmicos o biológicos, almacenamientos a largo plazo o cualquier otro proceso apropiado para reducir su fermentabilidad y los convenientes sanitarios de su uso.

Directiva 96/59/CE: eliminación de los policlorobifenilos y los policloroterfenilos (PCB/PCT)	
Referencias	OJ L 243, 24.09.1996 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0059:EN:NOT
Contenido principal / objetivos	Esta directiva establece normas para aproximar las leyes de los países miembros sobre la disposición controlada de PCBs, la descontaminación o disposición de los equipos que contienen PCBs para eliminarlos completamente

Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE	
Referencias	L 102/15, 15.03.2006 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32006L0021
Contenido principal / objetivos	El objetivo de esta Directiva es introducir medidas, procedimientos y una guía para prevenir o reducir lo máximo posible cualquier impacto negativo en el medio ambiente, en particular, en el agua, el aire, el suelo, la fauna y flora, los paisajes y cualquier riesgo resultante para la salud humana en la gestión de residuos de actividades extractivas.
Definiciones	La directiva se aplica a la gestión de casi todos los residuos provenientes de la prospección, extracción, tratamiento y almacenamiento de recursos minerales y de la explotación de canteras

Normas con respecto a la tecnología en la UE (tratamiento de residuos y instalaciones de disposición)

- ▶ Directivas sobre emisiones industriales
- ▶ Directivas sobre el vertido de residuos

Directivas sobre emisiones industriales

Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).	
Referencias	OJ L 334/17, 17.12.2010 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32010L0075
Contenido principal / objetivos	Esta directiva establece normas para lograr una prevención y control integrados de la contaminación proveniente de las actividades industriales. También tiene normas para prevenir o, donde no es posible, reducir las emisiones al aire, al agua y/o a la tierra y para prevenir la generación de residuos, para poder lograr un alto nivel de protección del medio ambiente en su conjunto.
Definiciones	Se proveen definiciones para los distintos elementos relacionados a las emisiones, instalaciones industriales (plantas de incineración, co-incineración, etc) y sus operaciones y prácticas aprobadas (por ej: Valores límites de emisión)
Puntos claves	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Se establece un severo marco de condiciones , requisitos técnicos y valores límites de emisión para las instalaciones de tratamiento, incineración o co-incineración de residuos dentro de la UE (también se contemplan otras áreas como la industria energética o la metalúrgica) ▶ Se establece que las instalaciones de tratamiento deben operar solamente si están autorizadas , que cualquier cambio en las mismas que pueda tener un impacto ambiental sea comunicado con antelación a la autoridad correspondiente y si el cambio es substancial no deben poder hacerse sin autorización previa. ▶ Las instalaciones deben ser diseñadas y operadas de manera que se tomen todas las medidas preventivas necesarias para combatir la contaminación. Deben aplicarse las mejores prácticas posibles. La generación de residuos esta prevenida de acuerdo a la Directiva 2008/98/EG. La energía debe ser usada eficientemente. ▶ Las instalaciones deben cumplir con los valores límite de emisión de sustancias críticas y con los requisitos mínimos de protección de suelos y aguas subterráneas preestablecidas por la directiva y por las autoridades competentes de la región donde operan. Estos límites deben ser determinados, revisados y ajustados regularmente de acuerdo con los avances tecnológicos y los cambios en los conocimientos científicos. Debe llevarse a cabo un monitoreo estricto de el cumplimiento de las normas, si es necesario, por medio de inspecciones.

Directivas sobre el vertido de residuos

Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos	
Referencias	OJ L 182, 16.7.1999; Corrigendum: OJ L 282, 05.11.1999 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0031:EN:NOT
Contenido principal / objetivos	El principal objetivo es prevenir o reducir lo máximo posible los efectos negativos en el medio ambiente del vertido de residuos por medio de la introducción de estrictos requisitos técnicos para los residuos y su vertido.
Definiciones	Se definen las categorías de residuos (residuos municipales, residuos peligrosos o no peligrosos y residuos inertes)
Puntos clave	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Establece procesos y técnicas estandarizadas para asegurar un vertido seguro de residuos de diferente tipo. ▶ Promueve el tratamiento de los residuos antes de ser vertidos para así explotar cualquier opción que permita su utilización y para reducir la toxicidad, peligrosidad y el volumen del material depositado. ▶ Prohíbe mezclar residuos municipales o peligrosos con los residuos inertes. ▶ Excluye ciertos tipos de residuos de los vertederos. ▶ Establece plazos para la reducción progresiva de los componentes orgánicos o biológicamente activos en los residuos vertedidos. ▶ Estipula la generación de monitoreos y registros de los residuos vertidos. ▶ Exige ciertos estándares en cuanto al monitoreo de las operaciones y las mediciones de los parámetros de control. ▶ Exige el cierre o la reconstrucción dentro de un cierto período de tiempo de vertederos que no cumplan unos ciertos requisitos mínimos.

Prevención en la generación de residuos

Introducción al tema

Las economías orientadas hacia la expansión ostentan a nivel de la producción un enorme consumo de recursos, que frecuentemente excede los límites naturales de carga. Ello implica que, tras la fase de uso de los productos, que en parte es cada vez más corta, la sociedad genera un alto volumen de residuos. Para estar a la altura de un desarrollo sustentable, que además se ha convertido en necesario, una meta central de la política ecológica debe consistir en la desvinculación entre el crecimiento económico y el volumen de residuos. En Europa, este planteamiento ha sido considerado mediante la jerarquía de residuos, que define la prevención de residuos como meta primordial a aspirar en una economía circular.

En conformidad con la directiva marco sobre residuos, la prevención de residuos se define como medidas adoptadas antes de que una sustancia, un material o un producto se haya convertido en residuo. Las medidas adoptadas están destinadas a reducir

- ▶ la cantidad de residuos, incluso mediante la reutilización de los productos o el alargamiento de la vida útil de ellos,
- ▶ el contenido de sustancias nocivas en materiales y productos o/y
- ▶ los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana de la generación de residuos.³

La integración de la prevención de residuos en las cadenas de creación de valor de una economía requiere de iniciativas por parte del Estado y del mercado.

Ambas instituciones pueden crear condiciones y adoptar medidas dentro del marco de su esfera de acción, cuyos efectos, en la mayoría de los casos, se influyen mutuamente (Figura 1). Medidas de prevención vinculantes para la economía y el mercado han sido adoptadas en el marco de prescripciones legales en materia de residuos (véase ficha de datos „Directivas relativas al flujo de residuos de UE“). No obstante, la configuración de estas medidas depende siempre también de una exigibilidad económica y de una viabilidad técnica, de modo que las medidas voluntarias y los autocompromisos (instrumentos “blandos”) ofrecen un amplio espectro de posibilidades de acción. Aparte de ello, la actuación consciente de cada uno, que previene la generación de residuos, así como de las

instituciones sociales (por ej. administraciones, escuelas) tienen extraordinaria importancia. Practicando una política de compras („Green Procurement“) y de consumo con conciencia medioambiental (por ej. alquilar en vez de poseer, reparar, comprar cantidades realmente consumibles) se puede aportar una contribución esencial para la prevención de residuos. En el ejemplo del programa alemán de prevención de residuos se presentan medidas de prevención de carácter voluntario, así como recomendaciones para su transposición, las que pueden ser categorizadas en la siguiente forma y se concretizarán en el cuadro a continuación:⁴

- ▶ Medidas que pueden afectar a las condiciones marco de con la generación de residuos
- ▶ Medidas que pueden afectar a la fase de diseño, producción y distribución
- ▶ Medidas que pueden afectar a la fase de consumo y uso

³ Artículo 3 (12) de la 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

⁴ Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear (BMU): Programa de prevención de residuos de la Federación en colaboración con los estados federados, BMU (editor), sección WA II 1, Bonn, julio 2013

Figura 1: Formulación de los objetivos de la prevención de residuos conforme al programa de prevención de residuos para Alemania⁴



Medidas que pueden afectar a las condiciones marco de la generación de residuos

Medida de prevención de residuos	Iniciadores	Destinatario de la medida	Ejemplo para la transposición
No. 1 La aplicación de medidas de planificación u otros instrumentos económicos que fomenten una utilización eficiente de los recursos			
Elaboración de conceptos y planes de prevención de residuos por parte de las comunas	Comunas	Habitantes de comunas, organismos comunales, empresas	Puesta a disposición de por ej. informaciones en línea, así como asesoramiento por teléfono para formas de comprar que previenen residuos, informaciones sobre talleres de reparación, tiendas de segunda mano, etc. en la región Ejemplo: <u>Concepto de gestión de residuos del Distrito Mittelsachsen 2014 – 2020</u> al igual que integración en planes y conceptos de gestión de residuos de los estados federados:
Cooperaciones entre los actores	Federación, estados federados	Representantes de la cadena de creación de valor de un determinado sector	En el ámbito de la prevención de desperdicios de productos alimenticios cooperan el banco de alimentos Nahrungsmittelbank Tafeln e.V. y el comerciante al por mayor Metro: Entre otras cosas, el grupo Metro vende el libro de cocina „Das gute Essen“ (La buena comida), un libre dedicado al tema de la sustentabilidad, cuyos ingresos se donan al banco de alimentos.
Supresión de subvenciones	Federación, estados federados	Productores, consumidores, comercio	-

No. 2 La promoción de la investigación y el desarrollo destinados a obtener tecnologías y productos más limpios y con menos residuos, así como la difusión y utilización de los resultados de estos trabajos de investigación y desarrollo			
Investigación para desarrollar tecnologías y conceptos de uso para prevenir la generación de residuos	Federación, estados federados	<i>En el caso del desarrollo de tecnologías:</i> institutos de investigación, industria y PYMES, <i>en el caso de conceptos de uso:</i> institutos de investigación y asociaciones de intereses	En la técnica de los materiales plásticos se realizó una intensa investigación sobre materiales biodegradables, compuestos de sustancias orgánicas que pueden ser biodegradadas y reintegradas al ciclo. Proyectos de investigación se impulsaron en particular en las siguientes instituciones de investigación: <u>Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe der Hochschule Hannover</u> (Instituto de bioplásticos y biomateriales compuestos de la escuela superior de Hanover). Programas de promoción de la investigación que se ocupan de la integración de la prevención de residuos, son entre otros: <u>„Investigación para desarrollos sustentables“</u> del Ministerio Federal de Educación e Investigación, <u>“Desde el material a la innovación“</u> del Ministerio Federal de Educación e Investigación
Programas y medidas de promoción para la transposición de conceptos y tecnologías de prevención de residuos	Federación, estados federados grupo bancario KfW	<i>En el caso de aplicaciones tecnológicas:</i> industria y PYMES, <i>en el caso de conceptos de uso:</i> comercio y asociaciones de intereses	La extensa aplicación y transposición en la práctica de resultados de investigación finalizados exitosamente son fomentadas por, entre otros, el <u>Programa de innovación ecológica</u> del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear, o el <u>Programa ecológico KfW</u> del grupo bancario KfW
No. 3: La elaboración de indicadores significativos y efectivos de las presiones medioambientales relacionadas con la generación de residuos con miras a contribuir a la prevención de la generación de residuos a todos los niveles, desde las comparaciones de productos a escala comunitaria hasta las intervenciones por parte de las autoridades locales o medidas de carácter nacional			
Elaboración y aplicación de sistemas de indicadores con el objetivo de hacer evaluaciones comparativas	Federación, estados federados	Industria, autoridades de gestión pública de residuos, oficinas de estadísticas de los estados federados, Oficina Federal de Estadística	Las autoridades de gestión pública de residuos registran y documentan la cantidad anual de residuos generada per cápita. Mediante la comparación de las cantidades per cápita se pueden publicar y presentar ejemplos de mejores prácticas, en los cuales se ha reducido la cantidad de residuos generada mediante medidas transpuestas exitosamente. Un ejemplo para el uso de datos comparativos de la cantidad de residuos producida per cápita es el <u>„Servicio de mapas gestión de residuos“</u> .

Medidas que pueden afectar al diseño, la producción y la distribución

Medida de prevención de residuos	Iniciadores	Destinatario de la medida	Ejemplo para la transposición
No. 4: La promoción del eco-diseño (la integración sistemática de los aspectos medioambientales en el diseño del producto con el fin de mejorar el comportamiento medioambiental del producto a lo largo de todo su ciclo de vida)			
Identificación de factores específicos a integrar en el diseño de un producto a fin de prevenir residuos en el marco de las medidas de ejecución de la <u>directiva de la UE relativa al eco-diseño</u>	Comisión de la UE, coordinación: Federación	Aquellos que introducen productos en el mercado	La discusión a nivel nacional sobre los factores específicos para el producto tiene lugar mediante la <u>„Red EuP“</u> , iniciada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear.

Aspectos de la planificación de la gestión de residuos - prevención en la generación de residuos

Medida de prevención de residuos	Iniciadores	Destinatario de la medida	Ejemplo para la transposición
Difusión de informaciones e intensificación de la atención para diseños de productos que evitan residuos, por ej. mediante competiciones de innovación	Diferentes organismos estatales en cooperación con la economía y organizaciones medioambientales	Diseñadores, desarrolladores y fabricantes de productos, cadenas comerciales	El Ministerio de Medio Ambiente, Clima y Economía energética de Baden-Wurtemberg premia con el „ <u>Premio de Tecnología de Medio Ambiente</u> “ a empresas que con tecnologías innovadoras aportan una contribución a la eficiencia en el uso de materiales y con ello a la preservación de recursos.
Regulaciones relativas a la responsabilidad en cuanto al producto en materia de gestión de residuos	Federación	Fabricantes y distribuidores de determinados productos	Puestas en práctica en los flujos de residuos: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, baterías y pilas recargables, envases (véase también las fichas de datos „ <u>Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos</u> “, „ <u>Baterías y pilas recargables usadas</u> “).
fijación de normas que apoyan diseños de productos que evitan residuos y respetan los recursos	Federación; autoridades que están representadas en el Comité Europeo de Normalización o en el comité de normalización DIN	Productores, comercio	Por ejemplo, la concesión de la etiqueta ecológica „ <u>Ángel azul</u> “ para aparatos eléctricos exige la posibilidad de reparación de los aparatos (<u>compárese RAL-UZ 78c para monitores</u>) a fin de garantizar una larga vida del producto.
No. 5: La aportación de información sobre las técnicas de prevención de residuos con miras a facilitar la aplicación de las mejores técnicas disponibles por la industria			
Adaptar las orientaciones de ejecución y actuación para plantas sujetas a autorización al nivel de la técnica a fin de prevenir la generación de residuos	Federación, autoridades otorgantes de autorizaciones, gestores de plantas sujetas a autorización	Fábricas y empresas	-
Asesoramiento de empresas en lo que respecta a potenciales para la prevención de residuos, por parte de entidades públicas	Federación, estados federados, comunas	Ramos industriales y PYMES del sector manufacturero, en particular empresas que recurren a grandes cantidades de recursos primarios	En Alemania se han fundado diversas instituciones y centros que ofrecen servicios de asesoramiento especiales para empresas en relación con la eficiencia en el uso de los recursos. Se trata, entre otros, de: <u>Deutsche Materialeffizienzagentur</u> (Agencia alemana de Eficiencia en el Uso de los Materiales) <u>VDI Zentrum für Ressourceneffizienz</u> (Centro VDI para la Eficiencia en el Uso de los Recursos).
No. 6: La organización de la formación de las autoridades competentes en lo que se refiere a la inserción de requisitos de prevención de residuos en las autorizaciones expedidas			
Capacitación de las autoridades competentes en lo que se refiere a requisitos de prevención de residuos al otorgar autorizaciones	Estados federados	Autoridades otorgantes de autorizaciones	-
No. 7: La inclusión de medidas para evitar la producción de residuos en las instalaciones a las que no se aplica la Directiva (2010/75/UE). En su caso, estas medidas podrían incluir evaluaciones o planes de prevención de residuos.			
Forzar la aplicación coherente de los deberes de prevención de residuos en plantas sujetas y no sujetas a autorización	Federación	Autoridades otorgantes de autorizaciones de los estados federados, gestores de plantas	-

<p>No. 8: La realización de campañas de sensibilización o la aportación de apoyo de tipo económico, apoyo a la toma de decisiones u otros tipos de apoyo a las empresas. Estas medidas tienen más posibilidades de ser especialmente efectivas cuando están destinadas y adaptadas a pequeñas y medianas empresas, y se aplican a través de redes de empresas ya establecidas</p>			
<p>Creación, prosecución e interconexión en red de programas ya existentes, que sensibilizan y asesoran a las empresas en el ámbito de la prevención de residuos</p>	<p>Los ministerios de medio ambiente y economía de los estados federados son los principales iniciadores de estos programas</p>	<p>Fábricas y empresas</p>	<p>El proyecto „EffCheck“ es un proyecto de la red de eficiencia de Renania-Palatinado y está a disposición de PYMES como plataforma de información y asesoramiento para cuestiones relativas a la energía y la eficiencia en el uso de los recursos.</p>
<p>No. 9: El recurso a acuerdos voluntarios, paneles de consumidores y productores o negociaciones sectoriales con objeto de que los sectores comerciales o industriales establezcan sus propios planes u objetivos de prevención de residuos, o de que corrijan los productos o embalajes que generen residuos.</p>			
<p>Cooperaciones entre empresas industriales a fin de prevenir la generación de residuos</p>	<p>Empresas industriales de una región como fuerza operativa, los estados federados pueden acompañar y fomentar los procesos</p>	<p>Empresas industriales, PYMES</p>	<p>La interconexión de empresas en el complejo industrial Henstedt-Ulzburg/ Kaltenkirchen tuvo lugar en el marco de un proyecto promovido, obteniendo una agrupación de los flujos logísticos y una concentración de los flujos de residuos.</p>
<p>Acuerdo voluntario con minoristas y la gastronomía para adiestramientos con miras a un suministro de los negocios y los restaurantes con alimentos adecuado a las necesidades</p>	<p>Federación, estados federados en colaboración con instituciones públicas y/o asociaciones de ramas económicas del comercio al por menor y de la gastronomía</p>	<p>Minoristas, gastronomía</p>	<p>-</p>
<p>Acuerdos entre la industria / el comercio y organismos estatales a fin de prevenir la generación de residuos</p>	<p>Federación, estados federados en colaboración con asociaciones de ramas económicas, empresas de logística, etc.</p>	<p>Empresas de distinto tipo</p>	<p>-</p>
<p>No. 10: La promoción de sistemas de gestión medioambiental acreditables, incluida las normas EMAS e ISO 14001</p>			
<p>Ampliación de sistemas de gestión medioambiental existentes con aspectos de la prevención de generación de residuos</p>	<p>Estados federados, comunas en colaboración con consultorías privadas</p>	<p>Empresas</p>	<p>El certificado „greentable“ premia a establecimientos gastronómicos que se distinguen por una alimentación consciente, compras sustentables, protección del medio ambiente y compromiso social. Para obtener el certificado deben cumplirse diversos criterios, entre otros, una gestión de residuos que incluye, entre otras cosas, la prevención de desperdicios de productos alimenticios.</p>

Medidas que pueden afectar a la fase de consumo y uso

Medida de prevención de residuos	Iniciadores	Destinatario de la medida	Ejemplo para la transposición
No. 11: Instrumentos económicos, como incentivos a las compras «limpias» o la implantación de un pago obligatorio a cargo de los consumidores por un artículo o elemento determinado de envasado que normalmente se hubiera suministrado gratis			
Promoción de sistemas de servicios para productos que evitan la generación de residuos	Estados federados, municipios	Empresas, asociaciones, cooperativas, consumidores	Carsharing (<u>DriveNow</u>): La promoción del carsharing incluye la exención del pago de tarifas de aparcamiento.
Promoción de estructuras y sistemas de eliminación de residuos que fomentan la prevención de residuos	Comunas, autoridades de gestión pública de residuos	Generadores y poseedores de residuos	Las tarifas por residuos se componen de una tarifa básica fija y de una tasa por servicios variables por concepto de desechos residuales. Mientras más baja la cantidad de residuos desechada, más baja será la tasa variable. <u>La mancomunidad local recolección de residuos y materiales del distrito Darmstadt-Dieburg</u> se encarga de poner en práctica este principio (véase también la ficha de datos " <u>Financiación</u> ")
No. 12: Campañas de sensibilización e información dirigidas al público en general o a un grupo concreto de consumidores			
Reforzamiento del aspecto prevención de residuos en recomendaciones para compras	Federación y estados federados como patrocinadores, organizaciones de defensa del consumidor en el papel de organismos operativos.	Consumidores	El Ministerio Federal de Alimentación y Agricultura organizó en el ámbito de los alimentos la campaña " <u>¡Demasiado bueno para la basura!</u> ", sensibilizando a los consumidores a prevenir desperdicios de productos alimenticios, para lo cual se proporcionan diversas recomendaciones e informaciones.
Actividades de formación y participación pública en la prevención de residuos	Ministerios de cultura de los estados federados en colaboración con el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear y el Ministerio Federal de Educación e Investigación	Docentes, escolares, aprendices	Las <u>Centrales de consumidores</u> de los estados federados ofrecen diversos talleres, cursos y exposiciones sobre el tema de la prevención de residuos.
Implantación práctica y transposición de conceptos de residuos sustentables y respetuosos de los recursos en las escuelas	Los ministerios de educación de los estados federados establecen los requerimientos, las escuelas elaboran los conceptos en forma autónoma	Cuerpo docente de escuelas de enseñanza básica y superior, escolares. comunas	El Instituto de Enseñanza Secundaria de Dresden-Cotta realiza desde el año 2000 una educación ambiental sustentable, en la cual la prevención de residuos es un tema central.
Apoyo de comunas, así como de asociaciones ecologistas y de consumidores a fin de organizar campañas de prevención de residuos	Federación, estados federados, comunas	Consumidores, empresas	El Estado Libre de Sajonia creó la iniciativa " <u>Alimentos son valiosos</u> " con el fin de prevenir la generación de desperdicios de productos alimenticios.
No. 13: La promoción de etiquetas ecológicas acreditables			
Uso de etiquetas de productos para artículos ahorrativos de recursos y con ello "que previenen la generación de residuos"	Federación, estados federados	Fabricantes, consumidores, Comisión de la UE	Como ejemplo se puede mencionar la etiqueta ecológica " <u>Ángel azul</u> ", cuya concesión está ligada a, entre otros, criterios de prevención de residuos.

Medida de prevención de residuos	Iniciadores	Destinatario de la medida	Ejemplo para la transposición
No. 14: Acuerdos con la industria, tales como el recurso a grupos de estudio sobre productos como los constituidos en el marco de las Políticas Integradas de Productos, o acuerdos con los minoristas sobre la disponibilidad de información acerca de la prevención de residuos y de productos con menor impacto medioambiental			
Acciones concertadas a fin de prevenir desperdicios de productos alimenticios	Autoridades de la Federación, los estados y federados y de las comunas, representantes del sector agrícola, de la industria alimentaria y del comercio	Industria alimentaria, comercio	El grupo REWE elaboró un extenso sistema de gestión medioambiental: Entre otras cosas se previene la generación de desperdicios de productos alimenticios con una logística eficiente, suministrando por ejemplo a las tiendas artículos en función de la demanda.
No. 15: En relación con las compras del sector público y las empresas, la integración de criterios medioambientales y de prevención de residuos en los concursos y contratos, de acuerdo con el manual sobre la contratación pública con criterios medioambientales publicado por la Comisión el 29 de octubre de 2004			
Tomar en cuenta los aspectos de prevención de residuos en las compras del sector público	Federación, estados federados	Órganos contratantes de la Federación, de los estados federados, de las comunas, así como, en su caso, de empresas públicas, autoridades de la construcción de la Federación y de los estados federados, contratistas	La Oficina federal del Medioambiente publicó en el año 2015 un „ <u>Manual para compras públicas ecológicas de pantallas de ordenadores</u> “. Se entregan recomendaciones de cómo proceder para comprar pantallas que ahorran energía, de larga vida, poco contaminantes y fáciles de reciclar.
No. 16: La promoción de la reutilización y/o la reparación de productos desechados adecuados o de sus componentes, especialmente mediante medidas educativas, económicas, logísticas o de otro tipo, como el apoyo a los centros y redes autorizados de reparación y reutilización, o su creación, en especial en las regiones con elevada densidad de población			
Promoción de la reutilización o utilización múltiple de productos (artículos usados)	Comunas, autoridades de gestión pública de residuos	Asociaciones, estructuras de comercio para artículos usados, autoridades de gestión pública de residuos	La asociación <u>ReUse Computer e.V.</u> es una agrupación de empresas, instituciones y personas privadas, que trabajan activamente por la reutilización de productos de marca de alta calidad, usados y de precio razonable, de la tecnología de información.
Apoyo de redes de reparación	Estados federados, comunas	Iniciativas privadas e iniciativas sin finalidad de lucro	La compañía <u>SAPOS GmbH</u> vende aparatos eléctricos de segunda mano, que han sido revisados y que satisfacen las prescripciones de seguridad de la venta de aparatos eléctricos. La SAPOS GmbH es una empresa especializada de integración que ocupa a personas socialmente desfavorecidas
Elaboración de estándares de calidad para la reutilización	La Federación y los estados federados prestan apoyo para instituir estándares mínimos para productos y estándares de cualificación para el personal	Talleres de reparación	En el marco del proyecto de investigación „ <u>Second Life - reutilización de aparatos eléctricos y electrónicos usados</u> “ se analizaron, entre otros, los criterios para una reutilización. Por ejemplo, se recomienda consultar la Directiva VDI 2343, página 5 „Reuse“.
Organización de eventos en instituciones públicas de forma que se prevenga la generación de residuos (envases retornables en vez de desechables)	Estados federados, comunas	Organizadores de eventos (públicos y privados)	Los eventos pueden ser planificados en conformidad con la DIN EN ISO 20121, que establece los criterios para una gestión sustentable de eventos. Adicionalmente, la „ <u>Guía para la realización de eventos sustentables</u> “ ofrece consejos, entre otros, para una organización y realización de los eventos que prevengan la generación de residuos.

Aspectos de la planificación de la gestión de residuos - prevención en la generación de residuos

Medida de prevención de residuos	Iniciadores	Destinatario de la medida	Ejemplo para la transposición
Apoyo de la investigación y el desarrollo de medidas que incrementan la durabilidad	Federación, estados federados	Institutos de investigación, empresas	En el proyecto „ <u>ProSensorNet2</u> “ del <i>Instituto Leibniz de Ingeniería Agrícola de Potsdam-Bornim</i> se elaboraron conceptos de solución apoyados por sensores a fin de reducir la descomposición de alimentos en el sector de la logística de alimentos.

Caracterización del área de recolección

Antecedentes y enfoque metódico

La gestión de residuos puede ser practicada en forma efectiva solo si toman en cuenta, en lo posible, todas las condiciones marco y características del área de planificación. Entre ellas figuran, aparte de los datos económicos e infraestructurales (por ej. número de habitantes, accesibilidad, estructura de las vías de transporte, diversidad económica, etc.), también las condiciones sociales y culturales marco. Estas condiciones marco no solo tienen influencia decisiva sobre las cantidades y las composiciones de los residuos, sino que también sobre el éxito de las posibles medidas de gestión de residuos. La combinación específica de las circunstancias pertinentes arroja características en parte muy diferentes del área, de las cuales, a su vez, resultan distintas aptitudes para diferentes medidas de la gestión de residuos.

Para poder determinar soluciones de verdad apropiadas, los planificadores de la gestión de residuos y los responsables de tomar las decisiones deben estar conscientes de estas correlaciones, porque solo aquellas medidas de gestión de residuos pueden establecerse en forma exitosa, que están adaptadas lo mejor posible a las condiciones y necesidades locales (Figura 1).

Figura 1: Estructura de relaciones entre las condiciones estructurales y la planificación de medidas de gestión de residuos



Conociendo las particularidades y los problemas locales, los planificadores, los responsables de tomar decisiones y las autoridades estarán en condiciones de reconocer los requerimientos de áreas de recolección vecinas que ostentan condiciones similares, para de esta forma poder, dado el caso, verificar la posibilidad de cooperaciones eficientes (en términos de costos). También una evaluación comparativa entre áreas de recolección comparables se hace posible de esta manera, para comparar las medidas de gestión de residuos y, en su caso, poder optimizarlas.

Por esta razón, un análisis previo de las condiciones marco en relación con la gestión de residuos del área de planificación debe ser siempre parte de las planificaciones en este ámbito. Un enfoque de caracterización que hace una clasificación en áreas con condiciones y necesidades similares para la implantación práctica de planes de gestión de residuos facilita este análisis.

Esta caracterización de áreas de recolección proporciona un cuadro generalizado e integral de factores y condiciones marco en relación con la gestión de residuos, para de esta forma acometer los planteamientos relacionados con la gestión de residuos en forma más eficiente y más sostenible. Ella constituye también una base útil para, con criterios escogidos, desarrollar con órganos decisorios y los afectados en distintos territorios una visión homogénea de aspectos de la gestión de residuos y motivar soluciones integrales para la gestión de residuos, que no discriminan y que se fundamentan en las mejores experiencias disponibles.

A continuación presentamos la probada metodología de caracterización de áreas de recolección.

Criterios

Para caracterizar las áreas de recolección es necesario recurrir a una serie de parámetros, de los cuales se pueden deducir influencias relevantes para la planificación de la gestión de residuos, en particular en relación con la generación de residuos y la organización de servicios en materia de gestión de residuos. Uno o varios parámetros (véase cuadro 1) pueden ser asignados, por ej., a los siguientes seis criterios básicos para una caracterización del área de recolección:

1. Estructuración de asentamiento
2. Tipo de calefacción de los edificios
3. Tejido de empresas artesanales y de pequeñas y medianas empresas comerciales
4. Red de infraestructuras de transporte

5. Infraestructura industrial
6. Particularidades regionales

Para establecer la relación entre los criterios precedentes y la gestión de residuos es necesario considerar las siguientes reflexiones.

Estructuración de asentamiento

En este caso se deben considerar sobre todo dos características principales: el número y la densidad de habitantes, así como el aspecto de la urbanización. Ambas características tienen una relación directa entre ellas (la consecuencia de un número mayor de habitantes con alta densidad es una estructura de urbanización densa), lo que significa que, en dependencia de cuáles informaciones están a disponibles en el momento, éstas se pueden utilizar tanto en forma conjunta, como también tan solo en forma individual.

El criterio “estructura de urbanización” es representativo para un gran número de propiedades de tipo espacial, por ejemplo, determinados tipos de edificios están ligados a tamaños especiales de edificios, que son características para un determinado nivel de desarrollo de la infraestructura, que conduce a una conexión diferenciada del área e implica una dotación típica de los espacios públicos. Relaciones estrechas existen igualmente entre otros aspectos, por ejemplo, socioeconómicos. La cantidad y la composición de los residuos generados y las posibilidades para su recolección y recogida están condicionadas en forma decisiva por la combinación de estas características.

Los aspectos relevantes de la gestión de residuos relacionados con este criterio son los siguientes:

- ▶ Composición y cantidad de residuos que pueden generarse por cada unidad estructural
- ▶ Posibilidades de una recolección selectiva y del compostaje por el productor de los residuos
- ▶ Sistemas de recolección adecuados (sistema de recogida o sistema de entrega)
- ▶ Tipos y tamaños adecuados de recipientes de recolección
- ▶ Modelos de tarifas por residuos apropiados

Tipo de calefacción de los edificios

El tipo de la calefacción y la forma de calentar los edificios (calefacción individual a combustible sólido versus calefacción central) son esenciales, teniendo en cuenta que los hogares, en función de ello, tienen o no

tienen la posibilidad de eliminar una parte de sus residuos incinerándolos en su propio fogón o en la estufa, en vez de hacer uso del sistema de recolección de residuos.

Además, estos criterios tienen una influencia significativa sobre las propiedades del material contenido en los residuos que se entregan para su recogida (por ej. en lo que respecta al porcentaje de cenizas y de materiales combustibles) y, por consecuencia, sobre los recipientes de recolección que deben ser debidamente adecuados y sobre el tratamiento de los residuos a continuación.

Los aspectos relevantes de la gestión de residuos relacionados con este criterio son los siguientes:

- ▶ Composición y cantidad de residuos pronosticados
- ▶ Tipos de recipientes de recolección adecuados (por ejemplo, los recipientes de plástico por lo general no se apropian para recolectar residuos que pueden contener cenizas calientes provenientes de calefacciones a combustible sólido).
- ▶ Opciones apropiadas para el tratamiento de los residuos (por ejemplo, cantidades grandes de cenizas en los residuos exigen otras opciones de tratamiento que en el caso de residuos con un bajo porcentaje de cenizas).

Estructura económica

La intensidad de las actividades comerciales o industriales y la composición de los ramos asentados influye de forma esencial sobre la cantidad y el tipo de los residuos generados y proporciona, junto con la estructuración de asentamiento, un índice fidedigno para la situación socioeconómica y las condiciones socioeconómicas de un área (por ejemplo, el grado de ocupación, la situación de ingresos, los potenciales de desarrollo, etc.).

Los aspectos relevantes de la gestión de residuos relacionados con este criterio son los siguientes:

- ▶ Composición y cantidad de residuos pronosticados
- ▶ Posibilidades de recolección selectiva de los residuos
- ▶ Sistemas de recolección adecuados (sistema de recogida o sistema de entrega)

- ▶ Modelos de tarifas por residuos apropiados (adaptados a la capacidad financiera y disponibilidad de pagar).

Red de infraestructuras de transporte

La intensidad y la forma en que se pueden organizar la recolección, recogida y el transporte de los residuos en un área dependen de su extensión y del estado de la red de infraestructuras de transporte. En ello deben considerarse todas las posibilidades de transporte (carretera, ferrocarriles, barco), dado que cada una de ellas ofrece ventajas específicas.

Los aspectos relevantes de la gestión de residuos relacionados con este criterio son los siguientes:

- ▶ Sistemas de recolección adecuados
- ▶ Vehículos y cadenas de transporte apropiados
- ▶ Necesidad de posibilidades de tratamiento locales, almacenes transitorios y estaciones de transferencia.

Infraestructura industrial

La existencia de distintos ramos industriales e instalaciones industriales (por ejemplo, papeleras, cementeras, etc.) abre posibilidades para el aprovechamiento de determinados componentes de los residuos e influye sobre otras formas de la eliminación (por ejemplo, la co-incineración de residuos, la transformación de emplazamientos mineros abandonados en lugares de depósito para residuos escogidos). Existen además una relación con el criterio red de infraestructuras de transporte (por ejemplo, la posibilidad de aprovechar sistemas de transporte industriales para el transporte de residuos) y una influencia sobre la generación de determinados residuos dentro del área pertinente.

Particularidades regionales

Las particularidades regionales más importantes, que desde el punto de vista de la gestión de residuos requieren de atención especial, son las siguientes:

- ▶ **Centros turísticos:** Dado a la evolución divergente de la cantidad y composición de los residuos en comparación con las áreas adyacentes, estas áreas cobran importancia especial en lo que respecta a la gestión de residuos. Típicas son fluctuaciones estacionales de la cantidad de residuos y de la concentración de residuos industriales y biodegradables. Para áreas que ostentan un espectro mixto de actividades (turismo, industria y administración), la combinación de cantidades

de residuos turísticos (y con ello estacionales) y de cantidades de residuos más bien constantes provenientes de zonas en las cuales reside la población local, puede ser un momento crítico. Por otra parte, el turismo exige de ciertos estándares en lo que respecta a la limpieza, la recogida periódica de residuos y la estética del aspecto urbano, pero al mismo tiempo trae al área distintas actitudes y formas de comportamiento en lo que respecta a los residuos. Mientras que los turistas nacionales conocen la forma usual de eliminar los residuos en la localidad, los turistas forasteros están a menudo acostumbrados a otras prescripciones. Por regla general, la concentración de turismo e infraestructura turística requiere de opciones especiales de gestión de residuos. Asimismo, el turismo influye esencialmente en la situación socioeconómica y el margen legal de acción dentro del área.

- ▶ **Áreas protegidas (*reservas ecológicas, parques nacionales, áreas militares, monumentos nacionales, etc.*):** Estas áreas están protegidas por, entre otras, la Convención de Ramsar y/u otras regulaciones nacionales. Su significado para la gestión de residuos se deriva en particular de las limitaciones para las opciones de la eliminación de los residuos (por ej. restricciones para construir plantas de tratamientos de residuos o exigencias especiales para una autorización), que afectan al espectro de las actividades económicas y al potencial general de desarrollo del área. Usualmente, en estas áreas son están admitidas actividades preferentemente comerciales e industriales.
- ▶ **Particularidades topográficas (*áreas extremadamente montañosas, regiones húmidas, etc.*):** Las particularidades topográficas pueden impedir la recolección, el tratamiento y la eliminación de residuos, por ejemplo, debido al acceso restringido y a los potenciales de desarrollo, a las largas distancias de transporte o a las influencias climáticas. Por otro lado, estas circunstancias pueden hacer este tipo de áreas atractivas para determinadas actividades, como el turismo o la pesca, de modo que en este caso a menudo se requieren soluciones específicas para la gestión de residuos.
- ▶ **Zonas especiales (*zonas de promoción especial, zonas fronterizas, etc.*):** A través de la promoción de este tipo de zonas, pueden tener lugar evoluciones

locales que influyen en forma especial sobre la organización de la gestión de residuos, por ej.:

- rápido crecimiento de la población
- ampliación o transformación de actividades industriales e infraestructuras, o
- concentración de seres humanos con costumbres y tradiciones especiales.

Por lo general, esto conduce a cantidades y composiciones de residuos que se diferencian en forma esencial de las del resto del país. También puede ser de importancia la influencia de un intensivo traslado de residuos y materias primas secundarias más allá de las fronteras.

Generalmente, el tráfico transfronterizo origina cantidades importantes de residuos de distintos tipos, a veces con fluctuaciones estacionales extremas y en la mayoría de los casos, concentradas en determinados lugares.

En última consecuencia, también al enfocar la caracterización de áreas de recolección es necesario considerar que las informaciones sobre la estructura territorial no pueden sustituir un registro exacto de datos relativos a la cantidad, composición, así como a las propiedades químicas y físicas de los residuos. Ambos son importantes para poder planificar opciones de tratamiento de residuos y las correspondientes instalaciones.

Las experiencias han demostrado que cuando faltan datos exactos, a menudo se recaban presupuestos para plantas de tratamiento de residuos basados en los valores medios de generación de residuos del respectivo país. Como resultado de esta forma de proceder, regularmente se presentan considerables divergencias entre la capacidad de tratamiento planificada de la planta y la realmente requerida.

Por lo tanto, **datos específicos del área sobre la cantidad y composición de los residuos son igualmente indispensables** para un proceso de planificación.

Aplicación práctica

El factor limitante para la calidad de una caracterización de área de recolección es la cantidad y la calidad de los datos disponibles localmente. Por otro lado, las oficinas de estadística, catastros y otras fuentes administran a menudo informaciones que, como alternativa, solas o en combinación, pueden suministrar referencias sobre situaciones iniciales específicas y que pueden ser consultadas para la caracterización del área. Estas informaciones tienen el rol de parámetros sustitutivos, que describen directa o indirectamente los distintos criterios básicos. Con ellas se puede reducir el trabajo de análisis in situ y valorar, al menos en forma suficiente, la situación relevante para la gestión de residuos. Sobre todo, los cambios y los pronósticos para parámetros individuales para varios años ofrecen informaciones importantes (véase Cuadro 1).

Algunos mapas y planos (mapas de corteza terrestre, mapas de población, etc.) se basan, en parte, en los mismos criterios de representación (parámetros), o similares, como los que se usan para la caracterización de áreas. Es decir, ese mapas de este tipo pueden ser muy útiles, en particular en aquellos casos, en los cuales se deben tomar en cuenta áreas extensas y/u otros datos son difíciles de conseguir. Es posible también que un mapa existente sea un buen instrumento para visualizar los resultados de la caracterización del área de recolección en base a criterios comunes y datos disponibles en forma adicional. Con ayuda de los mapas correspondientes, también se pueden reconocer rápidamente grupos de áreas con las mismas condiciones marco para implantar un sistema de gestión de residuos.

Cuadro 1: Ejemplos de criterios básicos y parámetros/datos descriptivos

Criterios básicos	Parámetros/datos descriptivos
Estructuración de asentamiento	Números de habitantes
	Densidad de población
	Estructuras de urbanización
Calefacción de edificios	Porcentaje/número de hogares que disponen de una calefacción a combustible sólido propia
Estructura económica	Actividades de producción (autorizaciones/volumen de negocios/número de empleados)
	Actividades de servicios (autorizaciones/volumen de negocios/número de empleados)
	Actividades de turismo (autorizaciones/volumen de negocios/número de empleados)
	Existencia y número de mercados
Red de infraestructuras de transporte	Carreteras de 1 ^{er} orden
	Carreteras de 2 ^o orden
	Vías férreas
	Vías navegables
Infraestructura industrial	Existencia de complejos industriales grandes
	Existencia de aglomeraciones urbanas industriales de gran extensión
	Existencia/número de instalaciones con posibilidades de eliminación de residuos
Particularidades regionales	Existencia de áreas turísticas
	Existencia de áreas aisladas
	Existencia de parques nacionales y áreas protegidas
	Existencia de áreas de promoción
	Existencia de zonas fronterizas

Una visualización apoyada por mapas hace posible suministrar un cuadro con las particularidades regionales en relación con la gestión de residuos, realzando el hecho de que el territorio completo de un país de ningún modo constituye una formación uniforme en materia de gestión de residuos. Este conocimiento puede apoyar a todos los responsables de tomar decisiones a reconocer la necesidad de identificar prioridades y posibilidades individuales para la gestión de residuos, basándose en las condiciones específicas del área de planificación. Al mismo tiempo es posible identificar subregiones que, debido a las condiciones dadas similares, se ofrecen para un enfoque de planificación análogo en lo que respecta a la gestión de residuos, de modo que podría ser conveniente aspirar cooperaciones con ellas o la fundación de mancomunidades locales.

En la planificación de la gestión de residuos, las informaciones relacionadas con la población de un área

(por ejemplo, la estructura de urbanización) poseen una importancia especial, porque a menudo son representativas para muchos factores que influyen en la gestión de residuos (por ejemplo, generación y composición de residuos, disponibilidad de espacio, desarrollo de la infraestructura y otros). En forma similar a la caracterización de áreas de recolección, que emplea el aspecto población como un criterio básico esencial, es igualmente recomendable efectuar una caracterización en base a las distintas estructuras de urbanización de un área. Para muchos países son típicas las siguientes estructuras de urbanización:

Estructura de urbanización tipo I - dominancia de edificios altos (grandes edificios de vivienda):

Bloques de viviendas de varios pisos con una gran cantidad de unidades de vivienda y frecuentemente con poco espacio individual para almacenar residuos y para poner a disposición los residuos para la recogida.

Estructura de urbanización tipo II - edificaciones plurifamiliares compactas:

Complejos de mayor extensión con edificios residenciales en áreas interurbanas, que tienen pocos pisos (en su mayoría 3 a 6) y un número más bajo de unidades de vivienda en cada entrada de edificio, espacio limitado para almacenar residuos y su puesta a disposición para su recolección, debido a la poca distancia existente entre los edificios contiguos y a la cercanía al borde de la calle.

Estructura de urbanización tipo III - edificaciones plurifamiliares abiertas:

Edificios residenciales de varios pisos, más separados unos de otros, en áreas de menos densidad de población con buena infraestructura, ocasionalmente rodeados de jardines, pero en su mayor parte a una distancia más bien corta de calles revestidas.

Estructura de urbanización tipo IV - casas de una y dos familias:

Casas de una o dos familias en áreas de baja densidad de población (periferias o áreas rurales), en su mayoría a gran distancia una de la otra, pero también a veces con mala conexión a infraestructuras y vías de tráfico principales (sobre todo en áreas rurales).

Figura 2: Estructuras de urbanización



Para mayor simplificación, basándose en los parámetros alistados en el cuadro 1 y tomando en cuenta preferentemente los criterios básicos “estructuración de asentamiento”, “calefacción de edificios”, “estructura económica” y “red de infraestructuras de transporte”, se puede diferenciar entre solamente tres tipos principales de áreas, cada una con requerimientos y conclusiones propias en relación con la gestión de residuos:

Áreas de tipo interurbano

Áreas con alta densidad de población, buenos sistemas de transporte de distintos tipos, estructura económica extendida y multifacética, buena infraestructura comunal, predominantemente con edificaciones compactas de varios pisos (estructura de urbanización tipo I, II y III);

Áreas de tipo parecido a la periferia

Áreas con una densidad de población mediana o baja, sin embargo, con edificios residenciales grandes (tipos de estructura de urbanización II, III y IV), infraestructuras comunales desarrolladas y una red de transporte, así como estructura económica multifacética;

Áreas de tipo marcadamente rural

Áreas caracterizadas por una densidad de población mediana o baja, en su mayor parte con edificaciones residenciales aisladas y en parte distantes (estructura de urbanización III y IV), más bien con poca estructura económica o de carácter muy unilateral, así como una infraestructura en parte poco desarrollada.

Cuadro 2: Resumen de los criterios para las áreas de tipo interurbano, tipo parecido a la periferia y tipo marcadamente rural, como se presentan en las correspondientes caracterizaciones de área de recolección

	Áreas de tipo interurbano	Áreas de tipo parecido a la periferia	Áreas de tipo marcadamente rural
Estructuración de asentamiento	<ul style="list-style-type: none"> - alta densidad de población, en relación con la composición de la población se puede esperar una gran cantidad de residuos, bastante heterogénea y concentrada localmente; - en general, poco espacio disponible para el almacenamiento temporal de los residuos en los hogares hasta su recogida - principalmente estructura de urbanización de los tipos I y II, en parte III 	<ul style="list-style-type: none"> - densidad de población mediana, en relación con la composición de la población se puede esperar una gran cantidad de residuos, bastante heterogénea y concentrada localmente; - espacio disponible para el almacenamiento temporal de los residuos en los hogares hasta su recogida - áreas en desarrollo con infraestructura emergente; - principalmente estructura de urbanización de los tipos II, III y en parte IV 	<ul style="list-style-type: none"> - densidad de población baja, en relación con la composición de la población se puede esperar una cantidad per cápita de residuos baja y poco heterogénea (alto porcentaje de residuos orgánicos degradables); - casi sin limitaciones en lo que respecta al espacio disponible para el almacenamiento temporal de los residuos en los hogares hasta su recogida, - predominan casas unifamiliares con terrenos grandes, tipos de estructura de urbanización: III y IV.
Calefacción de edificios	<ul style="list-style-type: none"> - zonas de asentamiento de mayor extensión con calefacción central, solo esporádicamente calefacciones individuales a combustible sólido; - en ciudades más antiguas hay zonas de asentamiento o edificios calefaccionados exclusivamente con estufa u otro sistema de calefacción individual a combustible sólido 	<ul style="list-style-type: none"> - zonas de asentamiento importantes con calefacción central, así como calefacciones individuales a combustible sólido del mismo rango; - en ciudades más antiguas hay zonas de asentamiento o edificios calefaccionados exclusivamente con estufa u otro sistema de calefacción individual a combustible sólido 	<ul style="list-style-type: none"> - predomina la calefacción con estufa u otra calefacción a combustible sólido - algunas áreas (por ejemplo, áreas de uso turístico) disponen de edificios con sistemas de calefacción individual
Estructura económica	<ul style="list-style-type: none"> - gran variedad de actividades económicas con amplio espectro de establecimientos industriales, - gran variedad de tipos de residuos, así como generación concentrada de determinados tipos de residuos, por ejemplo, residuos orgánicos degradables (de mercadillos callejeros), papel (en edificios de oficinas), envases (en centros comerciales) 	<ul style="list-style-type: none"> - poca variedad e intensidad de actividades económicas y espectro reducido de establecimientos industriales, - no obstante, una gran variedad de tipos de residuos y generación concentrada de determinados tipos de residuos, similar a las áreas interurbanas, sin embargo, principalmente residuos de envases 	<ul style="list-style-type: none"> - en su mayoría actividades agrícolas y solo ocasionalmente otro tipo de actividades económicas (empresas artesanales pequeñas) y actividades industriales (reparación de técnica agrícola, zapatos, o similares)
Red de infraestructuras de	<ul style="list-style-type: none"> - buena conexión a carreteras principales, enlaces por carreteras nacionales y locales y con la red ferroviaria, relativamente frecuente con conexión a vías navegables. 	<ul style="list-style-type: none"> - buena conexión a carreteras principales, carreteras nacionales y locales y la red ferroviaria; a veces conexión a vías navegables 	<ul style="list-style-type: none"> - con frecuencia solo mala conexión a caminos laterales, a veces conexión a la red ferroviaria, rara vez a vías navegables

Los criterios, las clasificaciones de área y de urbanización descritos anteriormente son representativos para la mayoría de los países europeos, pero también pueden ser modificados para otras regiones. En general, el método permite la conclusión de que áreas del mismo tipo ofrecen en principio potenciales comparables para la planificación e implantación de determinadas medidas y tecnologías de gestión de residuos.

Atención adicional merecen las particularidades regionales, porque pueden exigir implementaciones muy específicas de medidas de gestión de residuos en determinadas áreas -independientemente de la

caracterización del área en sí. Estas particularidades pueden obligar a medidas significativas (por ejemplo, limitaciones debido a condiciones climáticas extremas locales) o demostrar que el área se apropia de manera especial para determinadas tecnologías (por ejemplo, sistema de succión para la recolección de los residuos o sistemas de control de acceso para el cobro diferenciado de tarifas).

Opciones para el tratamiento de las principales fracciones de residuos municipales según las condiciones locales.

Introducción

Una práctica común que se realiza hoy en día y una parte de las directivas para la implementación de políticas ambientales sustentables es la planificación de la gestión de residuos. Como base para realizar dicha planificación, deben considerarse el contexto de aplicación, los objetivos a cumplir y las diferentes opciones o procesos con las que éstos pueden ser alcanzados. Generalmente, los planes y estrategias desarrollados a nivel nacional son puntos de partida y fuentes de datos para concretar y analizar estas opciones. Los documentos aquí presentados han sido desarrollados para proveer a agentes tomadores de decisiones y a gestores de residuos un panorama general y comprensivo de distintas variantes de procesos y técnicas para la realización de una recolección, tratamiento y reciclado efectivos. Esta información está relacionada con la aplicabilidad de estas técnicas con respecto a las condiciones locales o los condiciones requeridas. Además, se presentan varias variantes para financiar los sistemas de gestión de residuos, pero también para evitar o reducir la generación de residuos con el objeto la intensidad de los tratamientos y el impacto ambiental asociado.

Las áreas y el marco de aplicación de las tecnologías y equipamientos para la gestión de residuos son dadas en la primer página de los correspondientes documentos informativos dados. Sin embargo, estas tecnologías y equipamientos son partes de un sistema general y deben ser adaptadas a las condiciones particulares de cada situación. Por eso, el principal desafío que presenta la planificación es la selección de los componentes técnicos adecuados y como integrarlos en una estructura funcional, útil y ecológica, teniendo en cuenta objetivos específicos y pre requisitos de la zona donde se piensa implementar el sistema de gestión de residuos. Los sistemas resultantes con este enfoque no solo consideran la interrelación de la información y los distintos aspectos que son dados y explicados en los respectivos documentos, sino que deberían ser bien aceptados y cumplir con éxito los ambiciosos objetivos ambientales de las modernas políticas de gestión de residuos.

Opciones para el tratamiento de distintas fracciones de residuos

Para evitar proveer al usuario de una gran cantidad de datos de los cuáles él mismo debe extraer la información relevante y luego, relacionarla adecuadamente, se presentan ejemplos de aplicación que demuestran como, utilizando la información dada, los componentes técnicos individuales se convierten en un sistema holístico para la gestión de residuos. Con este fin, se presentan, en un primer paso, las diferentes opciones particulares para tratar con distintos flujos de residuos específicos.

Las opciones particulares presentadas están alineadas con los objetivos y orientaciones básicas de la gestión de residuos en Europa. Engloban las mejores prácticas y al mismo tiempo marcan la necesidad de que la disposición en vertederos de residuos sin tratar deje de ser la forma más común en todo el mundo para eliminar los residuos. Además, el rango de diferentes opciones para el mismo tipo de residuos deja en claro la variedad y variabilidad de las posibilidades para gestionar los residuos, de manera que, para cada caso, las condiciones y requisitos locales puedan ser considerados

La necesidad de diferentes opciones de tratamiento está dada, también, por la complejidad en aumento de los componentes que forman los residuos y por la necesidad de reutilizar los residuos de la manera más eficiente y/ de obtener de ellos productos de buena calidad. No menos importante es el echo de que , incluso en áreas no tan desarrolladas en materia económica e infraestructura o en áreas remotas o completamente rurales, la cantidad y calidad de los residuos tienden, cada vez más, a parecerse a los residuos provenientes de zonas urbanas. En las áreas mencionadas siguen existiendo sistemas simples y sin ningún desarrollo para el tratamiento de residuos, los cuáles no son capaces de adaptarse a los cambios mencionados en los residuos y dan lugar a nuevos riesgos potenciales para el medio ambiente

Al las opciones presentadas, el enfoque principal está dado en una recolección diferenciada de los residuos en el lugar de origen. Por un lado, algunas opciones de tratamiento requieren que se realice una pre separación de los componentes de los residuos. Por otro lado, es posible mantener o expandir los hábitos ya existentes para la recolección diferenciada de residuos, para los usos tradicionales.

La presentación de los diferentes alternativas para tratar residuos parte en los distintos tipos de residuos municipales. En consecuencia, se presenta para ciertas fracciones, por ejemplo: envases o residuos orgánicos, la descripción de distintos tratamientos que se pueden aplicar, específicamente, para ese material. Sin embargo, no todas las fracciones de residuos deben ser recolectadas de forma separada, lo que sería un requisito para ciertos tratamientos aplicables a algunos flujos de residuos específicos. En cambio, algunos pasos del proceso pueden realizarse para varios tipos de residuos en conjunto. Por ejemplo, los residuos domésticos mezclados y los residuos voluminosos pueden ser, ambos, utilizados en procesos de incineración o en procesos biomecánicos.

Conocer las diferentes opciones de tratamiento para ser capaces de discernir cuáles de estas opciones serían

aplicables en cada caso particular es un paso importante, pero es solo una parte de todo el proceso de planificación. Es igualmente importante considerar todos los residuos en conjunto para evaluar como los distintos tratamientos pueden ser efectivamente relacionados o combinados. Por este motivo, se presentan, por un lado, opciones para el tratamiento de flujos de residuos en particular y por otro, se presentan, por medio de ejemplos, esquemas generales para el tratamiento de residuos en relación con distintas fuentes de generación.

La siguiente lista de los posibles esquemas generales para la gestión de residuos es una síntesis que engloba y vincula la información dada en los documentos correspondientes. Se puede acceder a las descripciones detalladas de las opciones particulares para el tratamiento de distintas fracciones de residuos por medio de los links en la última columna de la siguiente tabla.

Tabla 1: Opciones para el tratamiento de distintas fracciones de residuos

Fracción de residuos	Opciones de gestión		Opción
	Tipo de recolección/recogida	Tratamiento aplicado	
Residuos domésticos	Recolección de residuos mezclados	Tratamiento en planta de tratamiento biomecánico (TMB)	<u>1</u>
	Recolección de residuos mezclados	Tratamiento en planta incineradora de residuos	<u>2</u>
	Recolección de residuos mezclados	Tratamiento en planta de tratamiento biomecánico (TMB) previo paso por estación de transferencia	<u>3</u>
	Recolección de residuos mezclados	Tratamiento en planta incineradora previo paso por estación de transferencia	<u>4</u>
	Recolección de componentes secos (Reciclables mezclados) y el resto	Se deriva la fracción seca a plantas de clasificación, y el resto a TMB o a planta incineradora	<u>5</u>
Residuos orgánicos	Recolección diferenciada en el lugar de origen	Tratamiento en planta de compostaje	<u>6</u>
	Recolección diferenciada en el lugar de origen	Tratamiento en planta de digestión anaerobia	<u>7</u>
Residuos de envases	Materiales mezclados pero recolección diferenciada en el lugar de origen	Se derivan a planta de clasificación para separar los materiales reciclables	<u>8</u>
	Recolección diferenciada de distintos tipos de materiales en el lugar de origen	Se derivan los diferentes materiales a distintas plantas de clasificación para su reciclado	<u>9</u>
Residuos voluminosos	Materiales mezclados pero recolección diferenciada en el lugar de origen	Tratamiento en planta incineradora de residuos	<u>10</u>
	Materiales mezclados pero recolección diferenciada en el lugar de origen	Se derivan a planta de clasificación para separar los materiales reciclables	<u>11</u>
	Materiales mezclados pero recolección diferenciada en el lugar de origen	Tratamiento en planta de tratamiento biomecánico (TMB)	<u>12</u>
Residuos de demoliciones y construcciones	Materiales mezclados pero recolección diferenciada en el lugar de origen	Se derivan a plantas clasificadoras para separar las fracciones utilizables	<u>13</u>
	Recolección diferenciada de distintos tipos de materiales en el lugar de origen	Reciclaje y reutilización en el lugar de origen, el resto se deriva para reciclaje en plantas externas	<u>14</u>

Opción de gestión 1: Tratamiento biomecánico de residuos domésticos

ESQUEMA DEL PROCESO

DESCRIPCIÓN



Los residuos domésticos se recogen como residuos mezclados en los contenedores adecuados. Éstos pueden ser contenedores de residuos móviles, especialmente para pequeñas cantidades, bolsas de residuos, que son adecuadas para la recolección independientemente del sistema empleado. Generalmente, los residuos recolectados son recogidos por vehículos recolectores. Hay diferentes vehículos recolectores, como los de carga trasera, carga delantera o carga lateral, que pueden ser adaptados según las condiciones en las que deban utilizarse. El transporte de los residuos a las plantas de tratamiento puede ser realizado por los mismos vehículos recolectores. Esto es mucho más eficiente cuando las distancias de transporte son cortas.

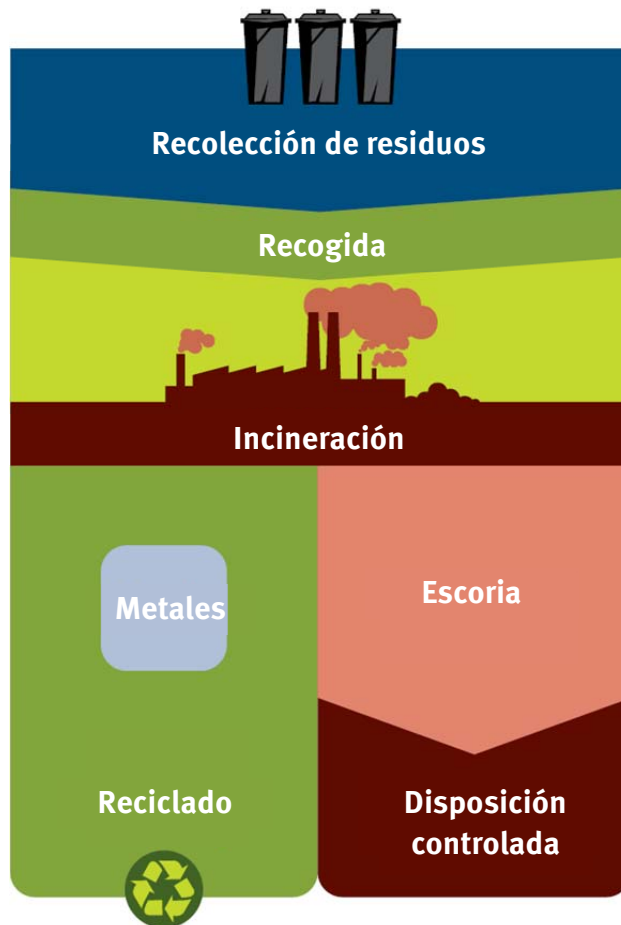
Luego, los residuos son tratados en plantas de tratamientos biomecánicos adecuadas con el objeto de reducir su peso y su volumen así como estabilizar los residuos antes de su disposición final. Durante el tratamiento, materiales (principalmente metales) y fracciones de residuos con alto poder calorífico son separados por procesos mecánicos. Luego, se realiza un secado y biodegradación de los residuos por medio de tratamientos biológicos (como compostaje, o fermentación). Depende de si aplica un tratamiento biomecánico (TMB) o de estabilización, los productos obtenidos son materiales estabilizados para vertido o materiales con alto poder calorífico para utilización térmica.

Los productos obtenidos de la incineración y los materiales estabilizados para su vertido son aptos para disponerse en vertederos de residuos no peligrosos y /o vertederos de residuos peligrosos.

Opción de gestión 2: Incineración de residuos domésticos

ESQUEMA DEL PROCESO

DESCRIPCIÓN



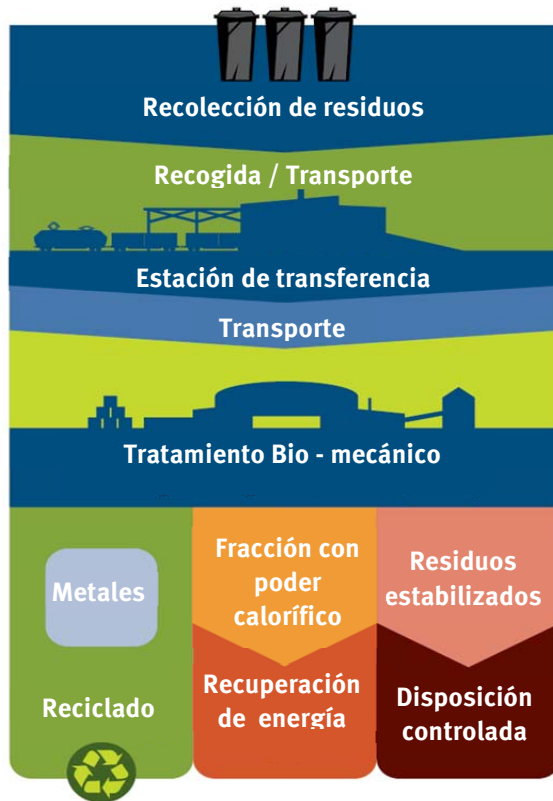
Los residuos domésticos se recogen como residuos mezclados en los contenedores adecuados. Éstos pueden ser contenedores de residuos móviles y, especialmente para pequeñas cantidades, bolsas de residuos que son adecuadas para la recolección, independientemente del sistema empleado. Generalmente, los residuos recolectados son recogidos por vehículos recolectores. Hay diferentes vehículos recolectores, como los de carga trasera, carga delantera o carga lateral, que pueden ser adaptados según las condiciones en las que deben utilizarse. El transporte de los residuos a las plantas de tratamiento puede ser realizado por los mismos vehículos recolectores. Esto resulta ser mucho más eficiente cuando las distancias de transporte son cortas.

Luego, los residuos son tratados térmicamente en una planta incineradora. El proceso de incineración tiene como objetivo la reducción de el volumen y el riesgo potencial de los residuos por medio de la oxidación y mineralización de los mismos y presenta, al mismo tiempo, la posibilidad de generar energía (Eléctrica o térmica). Existen varias variantes para llevar a cabo el proceso de incineración. Los principales métodos de incineración son los de parrilla o los de lecho fluidizado. El método se selecciona según la composición y la cantidad de residuos. Todos los sistemas de tratamiento que involucren la incineración deben contar con sistemas de limpieza de los gases emitidos que cumplan con las normativas establecidas. Los tratamientos por incineración son recomendados en lugares donde se generen cantidades grandes y constantes de residuos y de composición muy variadas. Es muy importante que se pueda aprovechar la incineración para la generación de energía (esencial para que la gestión sea viable económicamente). Deben considerarse grandes costos de inversión. De las cenizas y escorias pueden recuperarse los metales para su reciclado, mientras que las partes no reciclables pueden disponerse en vertederos de residuos no peligrosos. Los filtros de polvos y cenizas volantes deben ser dispuestos en vertederos de residuos peligrosos.

Opción de gestión 3: Tratamiento biomecánico de residuos domésticos después de ser derivados por una estación de transferencia.

Esquema del proceso

Descripción



Los residuos domésticos se recogen como residuos mezclados en los contenedores adecuados. Éstos pueden ser contenedores de residuos móviles y, especialmente para pequeñas cantidades, bolsas de residuos que son adecuadas para la recolección independientemente del sistema empleado. Generalmente, los residuos recolectados son recogidos por vehículos recolectores. Hay diferentes vehículos recolectores, como los de carga trasera, carga delantera o carga lateral, que pueden ser adaptados según las condiciones en las que deben utilizarse.

Una estación de transferencia permite el almacenamiento temporal y la transferencia de los residuos recolectados por los vehículos recolectores a otro medio de transporte más eficiente para derivarlos al tratamiento correspondiente. El proceso de transferencia permite comenzar a tratar los residuos por medio de una reducción de volumen (compactación) o permite reducir los costos de los transportes a larga distancia de los mismos.

Estos medios de transportes pueden ser camiones con contenedores de piso móvil o contenedores intercambiables

El tratamiento de estos residuos se realiza en plantas de tratamientos biomecánicos ubicadas a grandes distancias de los puntos de generación de los residuos.

El proceso en los tratamientos biomecánicos es explicado en la "opción de gestión 1". Así como también se mencionan los productos obtenidos de estos tratamientos y las posibilidades para su disposición final.

Opción de gestión 4: Incineración de residuos domésticos después de ser derivados por una estación de transferencia

Esquema del proceso

Descripción



Los residuos domésticos se recogen como residuos mezclados en los contenedores adecuados. Éstos pueden ser contenedores de residuos móviles y, especialmente para pequeñas cantidades, bolsas de residuos, que son adecuadas para la recolección independientemente del sistema empleado. Generalmente, los residuos recolectados son recogidos por vehículos recolectores. Hay diferentes vehículos recolectores, como los de carga trasera, carga delantera o carga lateral, que pueden ser adaptados según las condiciones en las que deben utilizarse.

Una estación de transferencia permite el almacenamiento temporal y la transferencia de los residuos recolectados por los vehículos recolectores a otro medio de transporte más óptimo para derivarlos al tratamiento correspondiente. El proceso de transferencia permite comenzar a tratar los residuos por medio de una reducción de volumen (compactación) o permite reducir los costos de los transportes a larga distancia de los mismos.

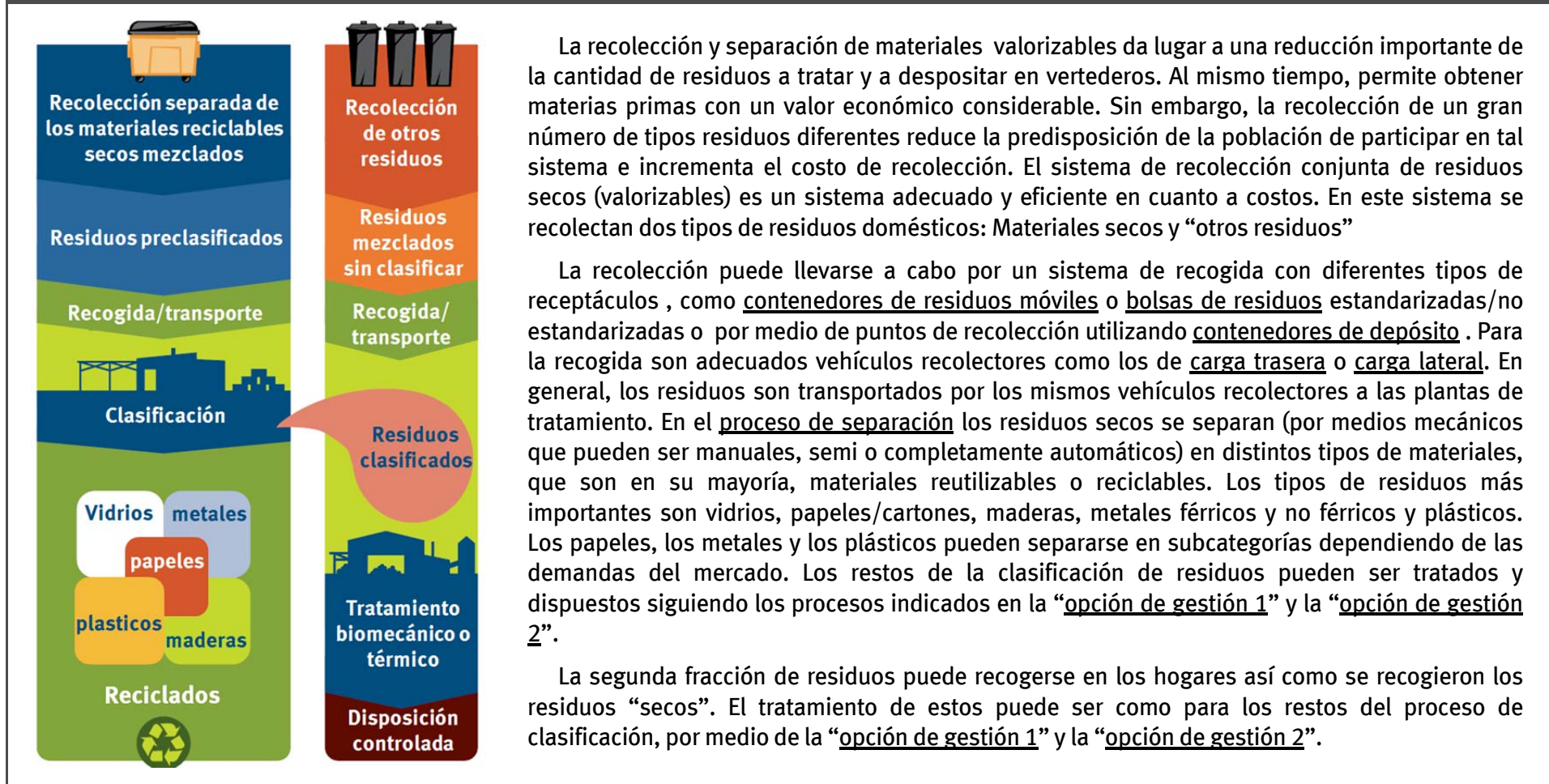
Estos medios de transportes pueden ser, entre otros, camiones con contenedores de piso móvil o contenedores intercambiables.

Luego, el tratamiento de los residuos se realizará en una planta incineradora, que se encuentra a gran distancia de los puntos de generación de los residuos. En este caso se aplican las mismas tecnologías y requisitos que en el tratamiento por incineración explicado en la “opción de gestión 2”. Los productos obtenidos y las posibilidades para su disposición final, también son las mismas.

Opción de gestión 5: Recolección separada de los materiales reciclables secos mezclados y posterior separación en planta clasificadora de residuos

Esquema del proceso

Descripción



La recolección y separación de materiales valorizables da lugar a una reducción importante de la cantidad de residuos a tratar y a depositar en vertederos. Al mismo tiempo, permite obtener materias primas con un valor económico considerable. Sin embargo, la recolección de un gran número de tipos de residuos diferentes reduce la predisposición de la población de participar en tal sistema e incrementa el costo de recolección. El sistema de recolección conjunta de residuos secos (valorizables) es un sistema adecuado y eficiente en cuanto a costos. En este sistema se recolectan dos tipos de residuos domésticos: Materiales secos y “otros residuos”

La recolección puede llevarse a cabo por un sistema de recogida con diferentes tipos de receptáculos, como contenedores de residuos móviles o bolsas de residuos estandarizadas/no estandarizadas o por medio de puntos de recolección utilizando contenedores de depósito. Para la recogida son adecuados vehículos recolectores como los de carga trasera o carga lateral. En general, los residuos son transportados por los mismos vehículos recolectores a las plantas de tratamiento. En el proceso de separación los residuos secos se separan (por medios mecánicos que pueden ser manuales, semi o completamente automáticos) en distintos tipos de materiales, que son en su mayoría, materiales reutilizables o reciclables. Los tipos de residuos más importantes son vidrios, papeles/cartones, maderas, metales férricos y no férricos y plásticos. Los papeles, los metales y los plásticos pueden separarse en subcategorías dependiendo de las demandas del mercado. Los restos de la clasificación de residuos pueden ser tratados y dispuestos siguiendo los procesos indicados en la “opción de gestión 1” y la “opción de gestión 2”.

La segunda fracción de residuos puede recogerse en los hogares así como se recogieron los residuos “secos”. El tratamiento de estos puede ser como para los restos del proceso de clasificación, por medio de la “opción de gestión 1” y la “opción de gestión 2”.

Opción de gestión 6: Compostaje de los residuos biodegradables recolectados de forma diferenciada

Esquema del proceso

Descripción



La recolección diferenciada de residuos biodegradables puede realizarse por medio de contenedores de residuos móviles y, especialmente para pequeñas cantidades, bolsas de residuos estandarizadas que son adecuadas para la recolección de residuos independientemente del sistema de recogida. Generalmente, los residuos recolectados son recogidos por vehículos recolectores. Hay diferentes vehículos recolectores, como los de carga trasera o carga lateral, que pueden ser adaptados según las condiciones en las que deben utilizarse. El transporte de los residuos a las plantas de tratamiento puede ser realizado por los mismos vehículos recolectores. Esto es mucho más eficiente cuando las distancias de transporte son cortas.

Grandes cantidades de residuos, por ejemplo residuos verdes o de jardinería pueden ser recolectados y transportados en contenedores de gancho o de cadena o directamente, sin compactar, en semiremolques con piso móvil. Los residuos biodegradables serán tratados en plantas de compostaje donde se utilizarán para la producción de humus, que se utiliza para la mejora de suelos en la agricultura y otros sectores. Al revisar el material antes y después del compostaje, se separan los materiales no biodegradables y reciclables. Dependiendo del espacio disponible y otras condiciones el compostaje se puede realizar en ambientes abiertos al aire libre o cerrados.

Además del compost producido, se obtienen materiales adecuados para utilizar en procesos de co-incineración, materiales estabilizados que pueden ser depositados en vertederos de residuos no peligrosos o materiales adecuados para recibir los tratamientos mencionados en “opción de gestión 1” o “opción de gestión 2”. Los residuos del compostaje pueden proveer materiales de para realizar coberturas de vertederos de buena calidad.

Opción de gestión 7: Tratamiento anaeróbico de residuos biodegradables recolectados de forma diferenciada

Esquema del proceso

Descripción



La recolección diferenciada de residuos biodegradables puede realizarse por medio de contenedores de residuos móviles y , especialmente para pequeñas cantidades, por medio de bolsas de residuos estandarizadas que son adecuadas para la recolección de residuos independientemente del sistema de recogida. Generalmente, los residuos recolectados son recogidos por vehículos recolectores. Hay diferentes vehículos recolectores, como los de carga trasera o carga lateral, que pueden ser adaptados según las condiciones en las que deben utilizarse. El transporte de los residuos a las plantas de tratamiento puede ser realizado por los mismos vehículos recolectores. Esto es mucho más eficiente cuando las distancias de transporte son cortas.

Grandes cantidades de residuos, por ejemplo residuos verdes o de jardinería pueden ser recolectados y transportados en contenedores de gancho o de cadena o directamente, sin compactar, en semiremolques con piso móvil.

Los residuos biodegradables se transportan a plantas donde el proceso anaeróbico se realiza mediante una fermentación en seco o en húmedo. Este proceso consiste en descomponer la materia orgánica bajo la falta de oxígeno obteniendo Bio gas para la generación de energía. Antes de realizar la fermentación, se realiza un tratamiento mecánico para separar los elementos no reciclables o no convenientes para el proceso.

Además de la producción de biogás, debe realizarse un compostaje o tratamiento biológico de los elementos sobrantes del tratamiento anaeróbico (Solo la etapa de tratamientos biológicos de los tratamientos biomecánicos de residuos) para luego obtener material para la recuperación de suelos o para realizar la disposición en un vertedero adecuado. Las opciones para la disposición o recuperación de los materiales que restan del proceso son las mismas que las explicadas en la “opción de gestión 6”.

Opción de gestión 8: Recolección de envases mixtos y posterior separación en planta clasificadora

Esquema del proceso

Descripción



La cantidad de residuos de envases de productos va en aumento y éstos están conformados por muchos materiales diferentes que pueden ser reciclados en su gran mayoría. En este contexto, es razonable recoger este tipo de residuos de manera diferenciada. Debido a que los sistemas de separación actuales permiten realizar una separación eficiente, previa a su tratamiento, de los materiales, es posible realizar la recolección común de los diferentes tipos de residuos de envases.

Para la recolección de los residuos de envases de productos de los hogares pueden utilizarse contenedores de residuos móviles o bolsas plásticas de residuos. Pueden colocarse puntos de recolección comunes con contenedores de depósito o contenedores de cadena especialmente diseñados especialmente recibir residuos. La recolección puede ser llevada a cabo por medio de vehículos de recolección comunes (Vehículos de carga trasera o lateral). Los vehículos de carga frontal son adecuados para contenedores de gran tamaño (>1000 l.). Los sistemas que incluyen grandes contenedores o contenedores de depósito deben ser operados por vehículos con un chasis y sistemas de carga adecuados. Estos son, por ejemplo, camiones con contenedores intercambiables o con semiremolques con piso móvil. Los residuos son transportados por los vehículos recolectores a la planta de tratamiento.

En los procesos de separación, los residuos son separados en distintas fracciones de materiales por medio de procesos mecánicos que pueden incluir una separación manual. Las fracciones de residuos a separar son determinados por la industria del reciclaje. Los materiales obtenidos dependen de la calidad y composición de los equipos separadores y de los requisitos del mercado. Generalmente, estas son fracciones son materiales comercializables como vidrio, materiales férricos y no férricos y plásticos. Los residuos de envases que no son reciclables (resultantes de la separación), junto con el resto de los residuos recolectados, se pueden derivar a procesos de co-incineración o pueden ser tratados como se explica en la “opción de gestión 1” o en la “opción de gestión 2”

Opción de gestión 9: Recolección diferenciada de envases de productos para una mejora en los resultados del reciclaje

Esquema del proceso



Descripción

La cantidad de residuos de envases de productos va en aumento y éstos están conformados por muchos materiales diferentes que pueden ser reciclados en su gran mayoría. En este contexto, es razonable recoger este tipo de residuos de manera diferenciada. Para una mejor comercialización, una reducción de costos de separación y una alta tasa de reciclado se recomienda la recolección diferenciada, según el tipo de material, de los residuos de envases.

Para la recolección diferenciada pueden utilizarse contenedores de residuos móviles especiales (por ej. Diferenciados por color), bolsas o sacos de residuos o contenedores depósito y/ o lugares especialmente equipados para la recepción de los residuos en sistemas de recolección en puntos comunes. En este contexto, son muy eficientes en los sistemas de reciclaje y de puntos comunes de recolección, la utilización de contenedores de gancho o de cadena. Para realizar una recogida domiciliar se utilizan vehículos recolectores de carga trasera y lateral, mientras que para recipientes grandes (>1.100 l) se pueden utilizar vehículos de carga frontal. En el caso de sistemas donde deben transportarse muchos residuos se necesitan vehículos con chasis y equipos de levantamiento adecuados para transportar los contenedores respectivamente utilizados, como contenedores de piso móvil o contenedores intercambiables.

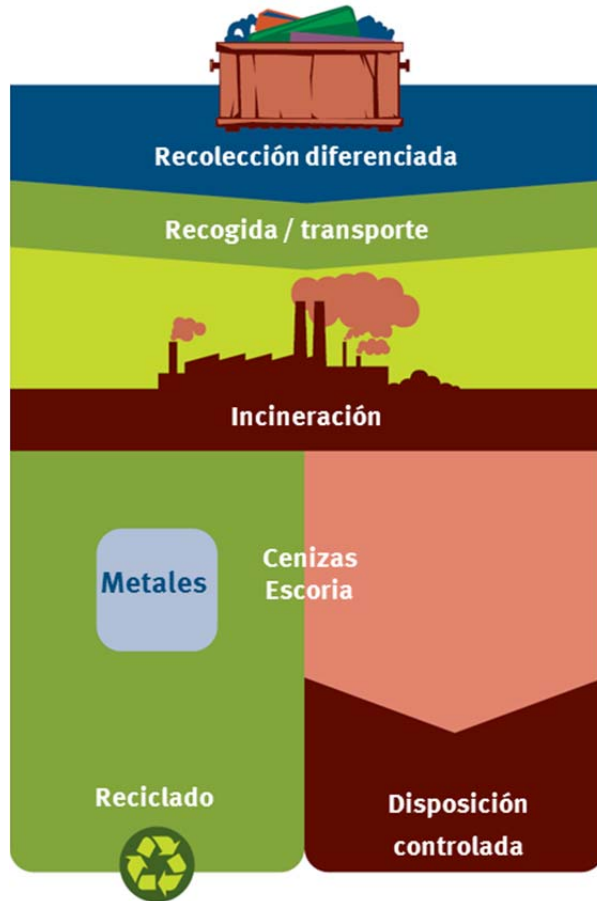
Los vehículos transportan los residuos a las respectivas plantas de clasificación para cada tipo. Los procesos de clasificación de papeles, vidrios y envases livianos consisten en procedimientos mecánicos y ópticos con el objeto de extraer materiales contaminantes e impurezas para, así, obtener materiales listos para reciclar.

El resto de los residuos, junto con los excedentes de los procesos de separación, que no son deseados o no son reciclables pueden ser derivados a procesos de co-incineración o ser tratados como se explica en la "opción de gestión 1" o en la "opción de gestión 2".

Opción de gestión 10: Incineración de residuos voluminosos recolectados de manera diferenciada

Esquema del proceso

Descripción



En la mayoría de los casos los residuos voluminosos de los hogares y comercios son recolectados de manera diferenciada. Debido al tamaño de los mismos, pueden utilizarse para la recolección y el transporte a la planta de tratamiento, contenedores de gancho o de cadena. Otras formas de recolección es en tamaños reducidos en la calle o la disposición en puntos de recolección comunes. Los centros de reciclado son de gran importancia.

Para la recolección en la calle pueden usarse vehículos recolectores de carga trasera. Aunque también existen diferentes modelos de vehículos chasis y equipos para transportar diferentes tipos de contenedores que contienen estos residuos. Entre otros, pueden ser vehículos con contenedores intercambiables o con semiremolques con pisos móviles.

Los residuos voluminosos contienen grandes cantidades de materiales con un alto poder calorífico, por lo que la incineración es una buena opción para su tratamiento.

Si la planta incineradora se encuentra a una distancia razonable (en términos económicos), los residuos pueden ser transportados directamente por los vehículos recolectores. Antes de la incineración, por medio de procesos mecánicos, las partes contaminantes o no deseadas son removidas (como grandes partes metálicas) y una disminución de tamaño (trituration) es realizada. Por otro lado, es preferible el tratamiento de residuos voluminosos y la producción de un combustible sustituto adecuado para utilizar en una co-incineración industrial. Los residuos de este tratamiento se derivan a una incineración

En principio, para este tipo de residuos se realiza el método de incineración en parrilla. Otros aspectos del proceso de incineración son detallados en la “opción de gestión 2”.

Opción de gestión 11: Recolección de residuos voluminosos y posterior clasificación

Esquema del proceso

Descripción



En la mayoría de los casos los residuos voluminosos de los hogares y comercios son recolectados de manera diferenciada. Debido al tamaño de los mismos, pueden utilizarse para la recolección y el transporte a la planta de tratamiento, contenedores de gancho o de cadena. Otras formas de recolección es en tamaños reducidos en la calle o la disposición en puntos de recolección comunes. Los centros de reciclado son de gran importancia.

Para la recolección en la calle pueden usarse vehículos recolectores de carga trasera. Aunque también existen diferentes modelos de vehículos chasis y equipos para transportar diferentes tipos de contenedores que contienen estos residuos. Entre otros, pueden ser vehículos con contenedores intercambiables o con semiremolques con pisos móviles.

Por medio de procesos de separación de materiales en una planta clasificadora se recuperan de los residuos voluminosos muchos materiales para reciclar como maderas, metales, vidrios y diferentes tipos de plásticos.

Los métodos de separación consisten en procesos de separación mecánicos, que pueden incluir etapas manuales. Al inicio del proceso se realiza una trituración de los residuos. Los metales, plásticos y maderas pueden utilizarse como materiales reciclados. También, los dos últimos materiales pueden utilizarse como combustibles para la producción de energía o en procesos de co-incineración industrial.

Para los residuos restantes, que no son reciclables, pueden aplicarse tratamientos posteriores como los detallados en la "opción de gestión 2".

Opción de gestión 12: Tratamiento biomecánico de residuos voluminosos recolectados de manera diferenciada

Esquema del proceso

Descripción



En la mayoría de los casos los residuos voluminosos de los hogares y comercios son recolectados de manera diferenciada. Debido al tamaño de los residuos, pueden utilizarse, contenedores de gancho o de cadena para la recolección y el transporte de los mismos a la planta de tratamiento. Otras formas de recolección es en tamaños reducidos en la calle o la disposición en puntos de recolección comunes. Los centros de reciclado son de gran importancia.

Para la recolección en la calle pueden usarse vehículos recolectores de carga trasera. Aunque también existen diferentes modelos de vehículos chasis y equipos para transportar diferentes tipos de contenedores que contienen estos residuos. Entre otros, pueden ser vehículos con contenedores intercambiables o con semiremolques con pisos móviles.

En las plantas de tratamiento mecánico o en plantas de tratamiento biomecánico pueden producirse un combustible secundario a partir de los residuos tratados. Los residuos voluminosos son adecuados para estas plantas, dependiendo del método que en ellas se realice.

La parte mas importante de este tratamiento es el proceso mecánico, donde los residuos son triturados. Se separan los materiales que no pueden ser reducidos de tamaño (especialmente metales). De los materiales tratados, se obtiene una fracción con un alto poder calorífico. Esta fracción puede ser mezclada, para obtener un combustible de otra calidad, con los materiales de bajo poder calorífico secados en los procesos de estabilización biológica. Estos combustibles secundarios pueden ser utilizados en lugar de combustibles convencionales en procesos de co-incineración industrial (Por ej. En fábricas de cemento o plantas con hornos a carbón) o en plantas de generación de energía. Este combustible secundario es compactado de acuerdo a los requisitos técnicos. Los materiales reciclables obtenidos (Metales) pueden ser incorporados a los procesos de reciclaje que corresponda. Los materiales estabilizados y los residuos no-peligrosos de la incineración pueden ser depositados en vertederos para residuos no peligrosos.

Opción de gestión 13: Recolección de residuos mixtos de construcciones y demoliciones y posterior separación

Esquema del proceso

Descripción



Los residuos de construcciones y demoliciones son voluminosos y pesados y su generación es independiente de la generación de otros tipos de residuos. Éstos consisten en gran medida en materiales minerales, metales, maderas, plásticos y composites. Generalmente, es difícil realizar una clasificación de estos residuos en la fuente de generación por lo que se realiza una recolección mixta y se derivan, luego, a procesos de separación y tratamiento.

Debido a las cantidades de residuos generadas y al espacio disponible en los sitios de generación, se suelen utilizar contenedores de gran tamaño (contenedores de cadena o de gancho, o big bags) para la recolección. La recogida y el transporte de estos contenedores es realizado con vehículos con chasis y equipos de carga adecuados para cada tipo de contenedor. También pueden utilizarse vehículos con contenedores intercambiables o con semiremolques con piso móvil.

En plantas fijas, semi-móviles o móviles se realiza, a través de medios mecánicos, una disminución de tamaño, así como, una separación y clasificación por tamaño de los residuos.

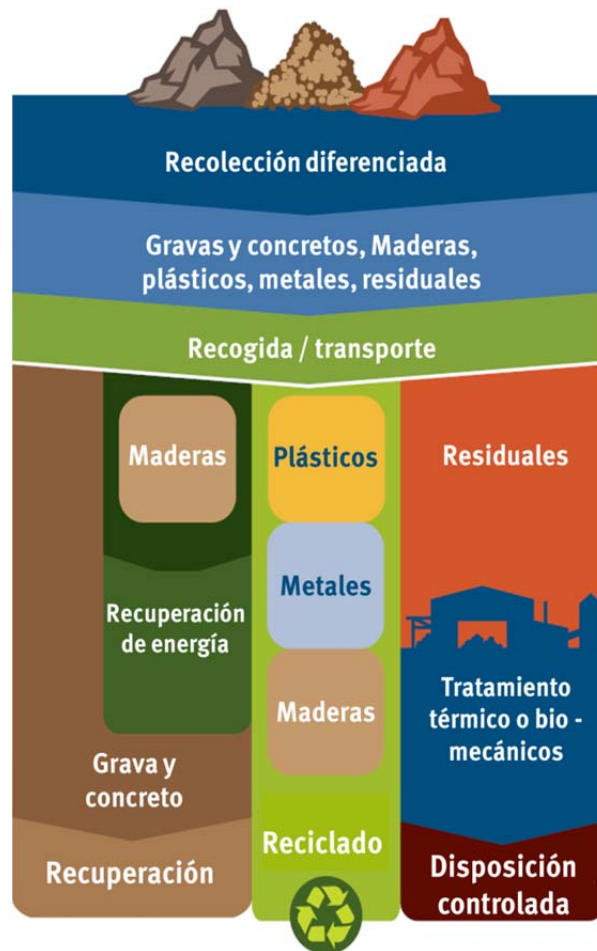
Idealmente, se recuperan por separado los metales, materiales combustibles y fracciones minerales de distintas calidad. Los residuos minerales pueden ser reciclados / reutilizados en construcciones mientras que los materiales combustibles, en procesos de co-incineración industrial o en procesos de incineración en parrilla.

Los materiales no reciclables pueden disponerse en vertederos de residuos no peligrosos o, ser utilizados para el montaje de las estructuras de vertederos de residuos. La fracción mineral puede disponerse en vertederos de residuos inertes.

Opción de gestión 14: Recolección diferenciada de residuos de construcciones y demoliciones separados en la fuente

Esquema del proceso

Descripción



Los residuos de construcciones y demoliciones son voluminosos y pesados y su generación es independiente de la generación de otros tipos de residuos. Éstos consisten en gran medida en materiales minerales, maderas, metales, plásticos y composites. La cantidad y calidad de materiales secundarios, que pueden obtenerse de este tipo de residuos, y la posibilidad de su aprovechamiento pueden ser incrementados por la recolección diferenciada en la fuente de generación de los distintos componentes y materiales.

Una buena gestión del sitio de trabajo y un desmantelamiento selectivo son pre-requisitos esenciales. Contenedores de gran capacidad (contenedor de gancho o de cadena o big bags) son adecuados para realizar la recolección de residuos. Las distintas fracciones a recolectar pueden ser maderas sin tratar, maderas tratadas (pintadas, barnizadas, etc), partes metálicas, plásticos, materiales combustibles, materiales varios (ladrillos, cerámicos, cemento, concreto, etc) y partes directamente re-utilizables.

Es de gran importancia la recolección separada de residuos contaminados de otros residuos. En el caso de desmantelamiento de estructuras industriales, debe prestarse mucha atención a los residuos que puedan contener contaminantes (combustibles, lubricantes, etc) y se debe realizar su recolección de forma separada.

La recogida y el transporte de esto contenedores es realizado con vehículos con chasis y equipos de carga adecuados para cada tipo de contenedor. También pueden utilizarse vehículos con contenedores intercambiables o con semiremolques con piso móvil para el transporte de residuos.

Se recomienda la re-utilización de los materiales recuperados en el lugar de emisión o la entrega, lo antes posible, para su reciclado. La preparación y la gestión de los diferentes tipos de residuos son iguales a los presentados en la “opción de gestión 13”

Las distintas posibilidades de tratamiento de residuos y su aplicación específica a nivel local

Escenarios para la gestión de residuos urbanos en estructuras territoriales típicas

Los escenarios presentados a continuación proporcionan a planificadores y a los responsables de tomar decisiones ejemplos para posibles conceptos de tratamiento de flujos de residuos municipales importantes y dilucidan la influencia que las condiciones locales tienen sobre la elección de los procedimientos y las tecnologías que entran en consideración. Las distintas posibilidades de tratamiento para los principales tipos de residuos generados dentro del ámbito de competencia municipal se combinan de tal forma, que se obtiene un concepto de tratamiento integral para la totalidad de los residuos, tomando en cuenta las particularidades locales y los requerimientos dentro de una estructura territorial específica. El resultado debe entenderse como una especie de orientación para apoyar a los intervinientes en la planificación y transposición de la gestión de residuos, que les permita reconocer cómo se pueden elaborar planificaciones teniendo presente los objetivos existentes en materia de gestión de residuos y las premisas de la legislación nacional, planificaciones que en última consecuencia conducen a estructuras y soluciones técnicas destinadas a tratar y aprovechar los residuos generados con la mayor eficacia posible, a precio favorable y de manera ecológica.

Los escenarios se basan en cuatro estructuras territoriales típicas, por ser frecuentes con estas características o similares. Como concepciones integrales de tratamiento para los residuos que se generan en estas áreas se presentan:

- ▶ **Escenario A** para un tipo de área cuasi urbana, caracterizada por una acumulación de ciudades de mediana extensión y de zonas de asentamiento de características similares a una ciudad, separadas entre ellas por superficies no demasiado extensas de uso jardinero y agrícola o que en parte están intercaladas por tales superficies.
- ▶ **Escenario B** para un tipo de área de características similares al centro de una ciudad,

que se distingue por estructuras de urbanización cerradas, que son características para grandes ciudades, y zonas de asentamiento con alta densidad de población y un alto porcentaje de establecimientos y superficies de uso industrial y comercial.

- ▶ **Escenario C** para un tipo de área cuasi urbana hasta rural con ciudades medianas y pequeñas y aldeas dispersadas dentro de un espacio dominado por actividades agrícolas,
- ▶ **Escenario D** para un tipo de área más bien apartada, caracterizada por aldeas aisladas y propiedades individuales, ostentando también ocasionalmente centros de actividades turísticas e infraestructuras públicas.

La descripción de la cadena de procesos para la gestión de residuos dentro de cada escenario toma en cuenta en forma concreta determinadas particularidades típicas de la respectiva área, las que deben considerarse como las razones para la aplicación de un determinado procedimiento de tratamiento de los residuos y para las tecnologías de equipo a emplear en ello. Para elaborar los escenarios y las descripciones se partió de la base de que ya existen elementos estructurales esenciales y que han sido adoptadas determinadas medidas para una gestión integral de residuos. Entre ellos figuran la existencia de empresas interesadas en el aprovechamiento de materiales secundarios, especialmente en el sector de los envases (reciclado de envases), y que están capacitadas para hacerlo, la disponibilidad de centros de recolección de naturaleza oficial o no oficial para materiales provenientes de residuos y experiencias puntuales / enfoques pilotos en materia de puesta a disposición y recogida selectiva de residuos.

Para desarrollar y poner en práctica conceptos de gestión de residuos se recomienda recurrir a potenciales de ese tipo ya existentes y, en lo posible, deberían usarse como punto de partida o bases para una transposición más amplia. La retrospectiva a modelos exitosos de la gestión de residuos en todas partes del mundo demuestra que buenos conocimientos sobre y la consideración de la situación y los potenciales locales son factores esenciales para el éxito, constituyendo la puerta de entrada para el establecimiento de una gestión de residuos sustentable en una determinada área.

A continuación se presentan en forma de cuadro ejemplos para posibles escenarios de tratamiento de residuos.

Escenario A Área cuasi urbana: Acumulación de ciudades de mediana extensión y de zonas de asentamiento de características similares a una ciudad, en parte con superficies usadas para la jardinería / agricultura				
Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
POSIBLE CONCEPCIÓN DE TRATAMIENTO (opciones)				
<u>1</u>	<u>6 y 7</u>	<u>5 u 8</u>	<u>11 ó 12</u>	<u>14</u>
RECOLECCIÓN – Escenario A				
<u>Recipientes de recolección móviles (MGB)</u> <u>Sacos y bolsas de residuos</u>	<u>Recipientes de recolección móviles (MGB)</u>	<u>Sacos y bolsas de residuos MGB</u> <u>Contenedores de depósito</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores intermedios flexibles para granel</u>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - En este tipo de área, la considerable cantidad de residuos biodegradables generados, un mercado potencialmente existente para compost y la todavía fácil accesibilidad a una gran parte de los generadores de los residuos conforman una situación inicial adecuada para recoger y tratar los desechos biológicos. Al igual que para el resto de los residuos domésticos, para la recolección se apropian preferentemente recipientes de recolección móviles en el tamaño adecuado. Sacos/bolsas como alternativa pueden ocasionar problemas en áreas de recogidas menos frecuentes, sobre todo si su resistencia a la rotura no es suficiente. En estos casos existe sobre todo el peligro de destrucción ya en los sacos preparados para su recogida y por ello el riesgo de problemas tanto higiénicos como también estéticos. - La separación de los desechos biológicos del resto de los residuos domésticos por parte de su generador puede ser estimulada mediante regulaciones especiales en materia de tarifas. Para ello, los hogares deben tener que pagar una tarifa reducida por el desecho de biorresiduos o estos costos se agregan a la tarifa de desechos residuales. - Una parte de los hogares puede hacer uso del <i>compostaje individual</i>, a fin de reducir sus desechos biológicos y con ello ahorrar tarifas. Con el avance de las estructuras de carácter rural crecen las posibilidades para el compostaje individual y el aprovechamiento de los desperdicios de cocina como forraje, de modo que en este caso se puede desistir a la recogida selectiva de desechos biológicos. 		<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Papel/cartón y vidrio reciclable se recolectan selectivamente en contenedores de depósito colocados en puntos centrales. Como alternativa se pueden instalar o usar centros de recolección de materias reciclables o puntos de recogida de estos materiales, que reciben también otro tipo de materiales y los almacenan hasta disponer de cantidades transportables. - Si se generan grandes cantidades de envases ligeros, se recomienda recolectarlos también con recipientes de recolección separados. - Cantidades pequeñas de residuos de envases y distancias de transporte largas hacia los distintos centros de aprovechamiento pueden hacer recomendable recolectarlos, dado el caso, mezclados juntos con otros materiales. En principio, para ello se apropian sacos y bolsas, que los hogares colocan al borde de la calle el día de la recogida. En áreas con mayor concentración de población y densidad de edificación, así como buena accesibilidad, se pueden emplear también recipientes de recolección móviles o incluso contenedores de depósito. - Residuos voluminosos, así como residuos de construcción y demolición pueden recolectarse en contenedores de gancho o de cadena que se ponen a disposición a pedido y se recogen después. 		

RECOGIDA Y TRANSPORTE – Escenario A				
Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<u>Recolectores de carga trasera</u> <u>Recolectores de carga lateral</u>		<u>Recolectores de carga trasera</u> <u>Recolectores de carga lateral</u>	<u>Recolectores de carga trasera*)</u> <u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Calles estrechas en sectores de edificación urbana son una de las razones, por las cuales recolectores de carga trasera constituyen la mejor variante para recoger los residuos. En cambio, dado al poco personal que requieren, los <i>recolectores de carga lateral</i> pueden considerarse como una opción digna de recomendar para la recolección en barrios de estructura más amplia y en poblaciones que se encuentran en el entorno. - La cantidad de residuos que se recolectan en este tipo de área hace suponer que se pueden construir y gestionar plantas de tratamiento apropiadas en el lugar mismo, lo que posibilita un suministro directo mediante los vehículos recolectores. 			<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Para el transporte de residuos voluminosos, así como de residuos que se generan en la construcción y en demoliciones se pueden emplear vehículos con superestructuras apropiadas en forma de contenedores de gancho y de cadena. <p><i>*) en la medida en que los residuos sean puestos a disposición en forma suelta al borde de la calle</i></p>	
TRATAMIENTO – Escenario A				
Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<u>Tratamiento mecánico biológico</u> dado el caso junto con el uso de la fracción de combustibles derivados de residuos generada para la <u>co-incineración industrial</u>	<u>Compostaje</u> <u>Digestión anaeróbica</u>	<u>Clasificación de envases ligeros</u>	<u>Clasificación de residuos voluminosos</u>	<u>Clasificación y en parte valorización in situ</u>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Es de suponer que el tratamiento mecánico biológico podrá establecerse en forma relativamente fácil, gracias al mayor espacio disponible y a la, en la mayoría de los casos, mayor aceptación comparado con las 	<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Las experiencias obtenidas y las posibilidades de venta relativamente buenas para compost proporcionan al compostaje y/o procedimientos con digestión una buena aceptación. - Para el tratamiento posterior de los restos que quedan de los procedimientos es conveniente disponer de capacidades para el tratamiento mecánico biológico. 	<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Los materiales de envases y otros materiales recolectados se entregan en plantas de clasificación / procesamiento, donde se separan en flujos de materiales en conformidad con los mercados de consumo o las posibilidades de valorización respectivamente disponibles. Habiendo recicladores directos in situ, tales como papeleras o fábricas de vidrio, también puede valer la pena una recolección selectiva sistemática de los correspondientes materiales secundarios, incluyendo un suministro directo. - Los residuos voluminosos pueden ser clasificados en forma positiva, esto quiere decir que se escogen solo aquellos materiales, para los cuales la demanda es alta o que pueden ser reciclados directamente in situ (por ej. metales, madera 		

plantas de incineración de residuos.		usada en la producción de tableros de madera aglomerada). También es posible entregar todo el material al tratamiento mecánico biológico, donde los materiales pueden ser separados y se pueden generar fracciones aprovechables térmicamente.
<p>- Una digestión como fase de tratamiento biológico constituye una buena posibilidad para concentrar en forma eficiente distintos flujos de residuos (entre ellos también estiércol líquido o lodo de tratamiento de aguas residuales) y aprovechar en forma conjunta su potencial energético.</p>		

ELIMINACIÓN / DEPOSICIÓN FINAL - Escenario A

Restos tratados y no aprovechables de

Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<p><u>Vertedero de residuos no peligrosos</u> <u>Vertedero de residuos inertes</u></p>				<p><u>Vertedero de residuos inertes</u></p>

Explicaciones:

- Todos los materiales que quedan después del tratamiento pueden ser vertidos cumpliendo los criterios prescritos. La cantidad reducida de los restos del tratamiento mecánico biológico a deponer y, en consecuencia, la menor cantidad de transportes permiten elegir un lugar central para el emplazamiento de un vertedero de residuos no peligrosos, que entonces opera para una zona de influencia mayor.
- Los vertederos de residuos inertes sirven para almacenar transitoriamente residuos de construcción y demolición, así como tierra excavada hasta su procesamiento y aprovechamiento.
- Los residuos que contienen sustancias nocivas se llevan a la instalación más cercana habilitada para el tratamiento de ese tipo de residuos.

Escenario B

Área de características similares al centro de una ciudad

Gran cantidad de urbanizaciones en su mayor parte cerradas y zonas de asentamiento con alta densidad de población y alto porcentaje de industria y comercio

Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
POSIBLE CONCEPCIÓN DE TRATAMIENTO (opciones)				
	2	2	10	13

RECOLECCIÓN - Escenario B

<p><u>Recipientes de recolección móviles (MGB)</u> <u>Sistema de identificación</u></p>	<p>No hay recolección selectiva, los residuos se recopilan y entregan juntos en los recipientes para residuos domésticos</p>	<p><u>Contenedores de depósito MGB</u></p>	<p><u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u></p>	<p><u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores intermedios flexibles para granel</u></p>
---	--	--	--	--

<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado a la incineración de los residuos como una opción de tratamiento y debido a la calidad más bien de carácter baja que se puede esperar en lo que respecta a la separación necesaria de los residuos, al espacio limitado que está disponible para poner los recipientes de recolección y al almacenamiento temporal en los hogares, en el caso de este escenario no se practica una recopilación conjunta de residuos biológicos y desechos residuales. No obstante, básicamente es conveniente verificar la viabilidad de la recolección selectiva de los residuos biológicos y a largo plazo, abogar por esta variante. - Por la composición de los residuos y por aspectos higiénicos y estéticos es preferible usar recipientes de recolección móviles. Junto con la <i>técnica de identificación</i> es posible además instaurar un sistema de tarifas proporcional a la cantidad generada por el causante y optimizar los recorridos de recogida futuros. - Dado al espacio limitado disponible en el entorno residencial se colocan contenedores de depósito en puntos centrales (centros comerciales, aparcamientos y similares) y otros lugares de fácil acceso para recolectar selectivamente materiales, tales como papel/cartón, vidrio y materiales de envases generados en hogares y locales comerciales. - Centros de recolección de materias reciclables o puntos públicos de recogida apoyan adicionalmente la separación de los residuos en el lugar donde se generan, además de la recolección selectiva de materiales. 	<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos voluminosos y residuos que se generan en la construcción y en demoliciones se recolectan sin sistema y recogen a pedido. Dado al espacio limitado disponible, los contenedores intermedios flexibles para granel son una solución apropiada para la recolección. Allí donde no hay escasez de espacio se pueden emplear también contenedores de gancho o de cadena. Técnicas de desmantelamiento se pueden aplicar en especial en obras de saneamiento y reconstrucción, mientras que en proyectos de mayor envergadura seguramente faltaría el espacio para ellas. La cantidad total de residuos de construcción y demolición que se puede esperar en este tipo de área recomienda la construcción de instalaciones de clasificación grandes y estacionarias, donde se pueden separar y recuperar distintas fracciones de materiales, incluso posteriormente.
---	---

RECOGIDA Y TRANSPORTE – Escenario B

Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<p><u>Recolectores carga trasera</u> <u>Recolectores de carga lateral</u> <u>Recolectores de carga frontal</u></p>	<p><u>Recolectores de carga trasera*)</u> <u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u></p>		<p><u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u></p>

<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La intensidad del tráfico en áreas urbanas ocasiona sobre todo durante el día considerables restricciones para la movilidad de los vehículos y el espacio disponible en la cercanía de la calle. De ello se deduce que deben emplearse vehículos con alta flexibilidad en lo que respecta a las posibilidades de uso para recoger los residuos, como por ej. recolectores de carga trasera. En estructuras menos densas, con edificaciones lineales y en complejos industriales grandes se pueden emplear también recolectores de carga lateral y, especialmente en éstos últimos, también recolectores de carga frontal. - Todos los vehículos de recolección mencionados anteriormente pueden ser utilizados para transportar los residuos a las plantas de tratamiento, ya que en este caso se puede partir de la base de distancias relativamente cortas. - Residuos voluminosos y residuos que se generan en la construcción y en demoliciones, así como los materiales recolectados en contenedores de depósito y en los centros de recolección de materias reciclables se transportan en vehículos con superestructura apropiada en forma de contenedores de gancho o de cadena. <p><small>*) en la medida en que los residuos sean puestos a disposición en forma suelta al borde de la calle</small></p>

TRATAMIENTO – Escenario B			
Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<p><u>Incineración en parilla</u> „<u>Incineración en lecho fluidizado</u>”</p> <p><i>alternativamente:</i> <u>Tratamiento mecánico biológico</u> dado el caso junto con el uso de la fracción de combustibles derivados de residuos generada para la <u>co-incineración industrial</u></p>	<p><u>Clasificación de residuos de papel</u> <u>Clasificación de residuos de vidrio</u> <u>Clasificación de envases ligeros</u></p>	<p><u>Clasificación de residuos voluminosos</u> <u>Incineración en parilla</u></p>	<p><u>Clasificación o reutilización directa</u></p>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado a las altas cantidades recolectadas y a la composición de los residuos, la construcción de una planta de incineración de residuos es una solución rentable y eficiente. Los residuos domésticos mixtos y muchos materiales que quedan después de los procesos de tratamiento para otros tipos de residuos arrojan un input de fácil combustión apropiados para operar una planta <i>de incineración en parilla</i>. La incineración en lecho fluidizado es una opción apropiada especialmente para residuos de la industria y manufacturarias, para lodo de tratamiento de aguas residuales, pero también para residuos domésticos pretratados en la forma adecuada. La energía y el vapor generados pueden ser alimentados a las redes de abastecimiento. - En aquellos casos, en los cuales es necesario considerar circunstancias especiales (por ej. resistencia insuperable contra la incineración de residuos) se puede recurrir alternativamente a un tratamiento mecánico biológico de los residuos, a fin de obtener una estabilización, el que también cobra especial interés, si en las cercanías existen capacidades apropiadas para la co-incineración industrial (por ej. cementera/papelera). 	<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La recolección selectiva de distintos residuos reciclables constituye junto con otros pasos de procesamiento adecuados un excelente potencial para una industria de reciclado en esta área. Al mismo tiempo, el alto consumo de bienes y la intensidad de actividades industriales prometen buenas cifras de venta para los productos reciclados. Para los restos que se generan en ello se puede aplicar la incineración de residuos. - Plantas de procesamiento y tecnología móvil adicional permiten altas cuotas de reciclado, incluso también en el ámbito de los residuos voluminosos, así como residuos de construcción y demolición. Las fracciones que no pueden ser reutilizadas en forma directa pasan a un procesamiento posterior, las materias combustibles no reciclables a la incineración de residuos. 		
ELIMINACIÓN / DEPOSICIÓN FINAL - Escenario B			
Restos tratados y no aprovechables de			
Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<p><u>Vertedero para residuos no peligrosos</u> <u>Vertedero para residuos peligrosos</u></p>			<p><u>Vertedero de residuos inertes</u></p>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pese a la considerable reducción del volumen de residuos generados originalmente mediante medidas de reciclado y procesos de tratamiento a continuación, incluyendo la incineración, en el tipo de área nombrado es necesario construir y gestionar un vertedero para residuos no peligrosos. Para elegir el lugar de emplazamiento se deben analizar zonas en la periferia de la ciudad o un poco más lejanas, porque de este modo se ofrece además la posibilidad de ponerlo a disposición como planta de eliminación para los alrededores (es decir, áreas con estructura cuasi urbana). 			

- Como complemento a esta clase de vertedero se hacen necesarias en este tipo de área capacidades de deposición para residuos inertes y residuos contaminados con sustancias nocivas. Con ello se puede además garantizar que existe una solución ecológica para la eliminación de escorias, cenizas y polvos de filtro que se producen en la incineración de los residuos, sin necesidad de transportarlos por trayectos largos.

Escenario C				
Área cuasi urbana hasta rural Ciudades de mediana y pequeña extensión y aldeas dispersadas dentro de un espacio dominado por actividades agrícolas				
Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
POSIBLE CONCEPCIÓN DE TRATAMIENTO (opciones)				
3		8	11 ó 12	14
RECOLECCIÓN – Escenario C				
<u>Recipientes de recolección móviles (MGB)</u>	<u>No hay recolección selectiva</u> , los residuos se recopilan y entregan juntos en los recipientes para residuos domésticos	<u>Sacos y bolsas de residuos MGB</u> <u>Contenedores de depósito</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores intermedios flexibles para granel</u>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dado a la posibilidad existente de que muchos hogares pueden hacer compost de sus residuos orgánicos y a la perspectiva de un alto gasto financiero y logístico (puesta a disposición de recipientes separados, recogida en forma separada), en el presente escenario tiene lugar una recolección conjunta de las fracciones biorresiduos y desechos residuales. No obstante, es conveniente verificar la viabilidad de la recolección selectiva de desechos biológicos en determinadas zonas y a largo plazo, abogar por esta variante. Un tratamiento mecánico biológico antes del vertido se apropia en este caso como solución para residuos domésticos mixtos con alto porcentaje de orgánicos. - Dado al elevado peso específico de los residuos domésticos mixtos, debido a su alto porcentaje de orgánicos, no se recomienda recolectar estos residuos en sacos y bolsas de plástico. Si no es posible asegurar intervalos de recogida cortos, el peligro de una destrucción y de problemas higiénicos causados por llenado excesivo o animales es demasiado grande. También las frecuentes incineraciones de sólidos en los hogares y las cenizas calientes que se generan en ello hablan en contra de esta variante y en pro de la utilización de recipientes de recolección móviles (MGB) resistentes al fuego. 		<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Papel/cartón y vidrio reciclable se recolectan selectivamente en contenedores de depósito colocados en puntos centrales. Como alternativa se pueden instalar o usar centros de recolección de materias reciclables o puntos de recogida de estos materiales, que reciben también otro tipo de materiales y los almacenan hasta disponer de cantidades transportables. - Las cantidades por lo general más pequeñas de residuos de envases y las distancias de transporte más largas hacia los distintos centros de aprovechamiento hacen recomendable recolectar los materiales de envases ligeros y otros materiales juntos y mezclados. En principio, para ello se apropian sacos y bolsas, que los hogares colocan al borde de la calle el día de la recogida. En áreas con mayor concentración de población y densidad de edificación, así como buena accesibilidad, se pueden emplear también recipientes de recolección móviles o incluso contenedores de depósito. - Residuos voluminosos, así como residuos de construcción y demolición pueden recolectarse en contenedores de gancho o de cadena que se ponen a disposición a pedido y se recogen después. 		

RECOGIDA Y TRANSPORTE – Escenario C			
Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<p><u>Recolectores de carga trasera</u> <u>Recolectores de carga lateral</u> <u>Estación de transferencia</u></p>	<p><u>Recolectores de carga trasera</u> <u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores intercambiables</u></p>	<p><u>Recolectores de carga trasera*)</u> <u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Transportadores de sistema piso móvil</u> <u>Contenedores intercambiables</u></p>	<p><u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Transportadores de sistema piso móvil</u></p>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Plantas de tratamiento de desechos residuales se pueden gestionar en forma rentable sólo con caudales de materiales de mayor envergadura, razón por la cual en la mayoría de los casos se construyen centralmente para un área de influencia mayor. Para organizar los suministros en forma eficiente es conveniente recurrir a <i>estaciones de transferencia</i>. - Si se generan y recolectan desechos biológicos en forma separada, es más sencillo construir para ellos, por ejemplo, plantas de compostaje de tamaño flexible y en las cercanías de donde viven los generadores. En ese caso, los desechos biológicos pueden ser transportados directamente a estas plantas por los vehículos de recolección. 	<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos voluminosos y residuos que se generan en la construcción y en demoliciones, así como los materiales recolectados en contenedores de depósito y en los centros de recolección de materias reciclables se transportan en vehículos con superestructura apropiada en forma de contenedores de gancho o de cadena. En aquellos casos, en los cuales es necesario transportar mayores cantidades de estos residuos (sin residuos de construcción minerales) por distancias largas, se pueden emplear vehículos con sistema de piso móvil en forma extremadamente efectiva. - Dentro del concepto global de transporte para este tipo de área debe entrar en consideración también el transporte por barco y ferrocarril de los residuos. <p><i>*) en la medida en que los residuos sean puestos a disposición en forma suelta al borde de la calle</i></p>		
TRATAMIENTO – Escenario C			
Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<p><u>Tratamiento mecánico biológico</u></p>	<p><u>Clasificación de residuos de papel</u> <u>Clasificación de residuos de vidrio</u> <u>Clasificación de envases ligeros</u></p>	<p><u>Clasificación de residuos voluminosos</u> <u>Tratamiento mecánico biológico</u></p>	<p><u>Clasificación o reutilización directa</u></p>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Una planta central se hace cargo de los residuos para su <i>tratamiento mecánico biológico</i>. En dependencia de las vías disponibles para la valorización y eliminación posteriores del material allí tratado, esta planta puede ser diseñada como pretratamiento para la deposición o como planta para generar combustibles derivados de residuos (planta de estabilización mecánica biológica). 	<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Los materiales de envase y otros materiales recolectados se entregan en plantas de clasificación / procesamiento, donde se separan en flujos de materiales en conformidad con los mercados de consumo o las posibilidades de valorización respectivamente disponibles. Habiendo recicladores directos in situ, tales como papeleras o fábricas de vidrio, también puede valer la pena una recolección selectiva 		

<ul style="list-style-type: none"> - La incorporación de una digestión como fase de tratamiento biológico dentro del tratamiento mecánico biológico ha de considerarse para el caso de que haya compradores para la energía generada a partir de biogás, o en aquellos lugares, donde se producen mayores cantidades de estiércol líquido o lodo de tratamiento de aguas residuales (por ej. en las cercanías de granjas de animales o ciudades). - Para construir y gestionar plantas con las capacidades requeridas es ventajoso, si áreas colindantes establecen cooperaciones (constituyen mancomunidades locales). Con ayuda de estaciones de transferencia se pueden usar también plantas ubicadas a mayor distancia (para la clasificación, el tratamiento y el depósito de distintos flujos de materiales), siempre y cuando éstas tengan capacidades a aprovechar y los transportes a larga distancia (por ej. por ferrocarril o barco) se puedan organizar en forma rentable. 	<p>sistemática de los correspondientes materiales secundarios, incluyendo un suministro directo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los residuos voluminosos pueden ser clasificados en forma positiva, esto quiere decir que se escogen solo aquellos materiales, para los cuales la demanda es alta o que pueden ser reciclados directamente in situ (por ej. metales, madera usada en la producción de tableros de madera aglomerada). También es posible entregar todo el material al tratamiento mecánico biológico, donde los materiales pueden ser separados y se pueden generar fracciones aprovechables térmicamente. - La mayor parte de los residuos de construcción y demolición pueden ser separados también en el lugar de su generación, dado que debido al espacio disponible se hacen posibles medidas de desmantelamiento controladas. En ese caso, los materiales reciclables pueden ser reutilizados (por ej. como granos de roca reciclados, para relleno) inmediatamente en el lugar mismo (empleando por ej. trituradores móviles y equipos de cribado), o ser entregados directamente al aprovechamiento material y energético (por ej. madera usada).
---	--

ELIMINACIÓN / DEPOSICIÓN FINAL - Escenario C

Restos tratados y no aprovechables de

Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<u>Vertedero para residuos no peligrosos</u> <u>Vertedero para residuos inertes</u> <u>Almacenamiento transitorio</u>			<u>Vertedero de residuos inertes</u>

Explicaciones:

- Todos los materiales que quedan después del tratamiento pueden ser vertidos cumpliendo los criterios prescritos. La cantidad reducida de los restos del tratamiento mecánico biológico a deponer y, en consecuencia, la menor cantidad de transportes permiten elegir un lugar central para el emplazamiento de un vertedero de residuos no peligrosos, que entonces opera para una zona de influencia mayor.
- Los vertederos de residuos inertes sirven para almacenar transitoriamente residuos de construcción y demolición minerales, así como tierra excavada hasta su procesamiento y aprovechamiento in situ.
- Los residuos que contienen sustancias nocivas se llevan a la instalación más cercana habilitada para el tratamiento de ese tipo de residuos.

Escenario D <u>Área rural apartada</u> Aldeas aisladas y propiedades individuales que ocasionalmente ostentan centros de actividades turísticas e infraestructuras públicas				
Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
POSIBLE CONCEPCIÓN DE TRATAMIENTO (opciones)				
<u>3 ó 4</u>		<u>5 ó 8</u>	<u>12</u>	<u>14</u>
RECOLECCIÓN – Escenario D				
<u>Sacos y bolsas de residuos</u> <u>Recipientes de recolección móvil (MGB)</u>		<u>Sacos y bolsas de residuos</u> <u>Contenedores de depósito</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores intermedios flexibles para granel</u>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Casas y poblados aislados, grandes distancias y acceso limitado a algunas partes del área hacen la recolección de los residuos difícil y costosa. Por esta razón, para la planificación de la gestión de residuos es necesario prestar mayor atención a) al fomento de un comportamiento de consumo ecocompatible, b.) a la selección minuciosa de residuos reciclables in situ y c.) una oferta optimizada para el desecho. En la práctica, esto puede significar, a modo de ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> a.) la promoción de productos compostables y reutilizables, b) la creación de posibilidades de compostaje y de puntos públicos de recogida; c.) la recolección conjunta de residuos de la misma composición, a saber, en lo posible mediante una recopilación central en vez de una recolección de casa en casa. Es necesario hacer públicas las mejores prácticas. - Se puede esperar un alto porcentaje de desechos biológicos, sin embargo, el tipo de área produce elevados costos logísticos y ofrece buenas posibilidades para el compostaje individual, de modo que se hace necesario verificar una recolección selectiva de los biorresiduos. A modo de ejemplo, se puede continuar con la recolección mixta de residuos domésticos y biológicos, considerando también la posibilidad de utilizar para ello sacos y bolsas de plástico relativamente resistentes a la rotura. - Opciones concebibles son contenedores de depósito en lugares apropiados y de fácil acceso, que permiten suministrar los materiales o los envases, por ejemplo, en sacos o bolsas de distintos colores para una clasificación altamente eficiente, a una moderna planta central, pero también puntos públicos de recogida con capacidades para un almacenamiento transitorio. Como solución ideal, los vehículos que suministran a la industria pueden transportar los materiales en su viaje de vuelta. - En zonas con mayor actividad turística es necesario llevar a cabo la recolección selectiva en forma más intensa, en dependencia de las posibilidades de aprovechamiento disponibles (por ej. recolección de desechos biológicos si existe la posibilidad de compostaje o una planta de biogás). También la generación especialmente frecuente de determinados residuos, o la intención de regular sistemáticamente la generación de residuos puede ser motivo para ello. - En principio, para el resto de los casos deberá preferirse la forma de proceder análoga al <u>escenario C</u>. 				

RECOGIDA Y TRANSPORTE – Escenario D

Residuos domésticos	Desechos biológicos	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<u>Recolectores de carga trasera</u> <u>Estación de transferencia</u> <u>Transportadores de sistema piso móvil</u> <u>Contenedores intercambiables</u>		<u>Recolectores de carga trasera</u> <u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores intercambiables</u>	<u>Recolectores de carga trasera*)</u> <u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Transportadores de sistema piso móvil</u> <u>Contenedores intercambiables</u>	<u>Contenedores de gancho</u> <u>Contenedores de cadena</u> <u>Contenedores intercambiables</u> <u>Transportadores de sistema piso móvil</u>

Explicaciones:

- A fin de garantizar un tratamiento adecuado sin correr el peligro de hacer inversiones ineficaces en plantas propias, la mayor parte de los residuos debe pasar por *estaciones de transferencia*, para desde allí transportarlos al tratamiento definitivo.
- En lo que respecta al resto, ha de preferirse una forma de proceder análoga al escenario C.
- En la forma más simple, también se pueden emplear para la recogida técnicas de transporte tradicionales que estén disponibles (por ej. incluso carruajes de caballos) y la recolección de los residuos puede llevarse a cabo con sacos y bolsas y no con recipientes estandarizados.

*) en la medida en que los residuos sean puestos a disposición en forma suelta al borde de la calle

TRATAMIENTO – Escenario D

Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<u>Tratamiento mecánico biológico</u> o <u>Incineración en parilla</u>	<u>Clasificación de residuos de papel</u> <u>Clasificación de residuos de vidrio</u> <u>Clasificación de envases ligeros</u>	<u>Clasificación de residuos voluminosos</u> <u>Tratamiento mecánico biológico</u>	<u>Clasificación o reutilización directa</u>

Explicaciones:

- Básicamente, el tratamiento de los residuos puede realizarse únicamente mediante el *uso de plantas instaladas en puntos centrales*, lo que en principio implica una forma de proceder análoga al escenario C.
- En este caso se recomienda participar en o adherirse a mancomunidades locales.

Explicaciones:

- En principio, en forma análoga al escenario C.

- Dado que es indispensable reducir los transportes de residuos, deben agotarse todas las opciones apropiadas y factibles in situ para una utilización descentralizada de determinados residuos. Por esta razón se recomienda promover, por ejemplo, el *compostaje individual* en los hogares mediante medidas apropiadas y en zonas turísticas, donde una recolección selectiva de determinados residuos vale la pena, invertir en plantas pequeñas de preparación (por ej. compactado) o utilización de residuos (por ej. *plantas pequeñas de compostaje o digestión de desechos biológicos*).

ELIMINACIÓN / DEPOSICIÓN FINAL – Escenario D			
Restos tratados y no aprovechables de			
Residuos domésticos (inclusive residuos biodegradables)	Residuos de envases	Residuos voluminosos	Residuos de construcción y demolición
<u>Vertedero de residuos inertes</u> <u>Almacenamiento transitorio</u>			<u>Vertedero de residuos inertes</u>
<p><u>Explicaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Todos los materiales que quedan después del tratamiento pueden ser vertidos cumpliendo los criterios prescritos. Por lo general, la entrega de los residuos a plantas de tratamiento centrales implica también la utilización de las capacidades de deposición ligadas a ellas. - Los vertederos de residuos inertes se gestionan solamente para almacenar transitoriamente escombros minerales y tierra excavada y de este modo evitar transportes largos de estos residuos, hasta que sean procesados y valorizados in situ. 			

Financiación de la gestión de residuos y posibilidades para la cobertura de los gastos

Introducción al tema

La ejecución de la gestión de residuos implica forzosamente gastos. La conservación del medio ambiente y las prestaciones vitales para la población requieren en particular de una gestión de residuos regulada en forma sostenible, con lo que, sin embargo, aumentan los gastos necesarios. Frecuentemente, esto implica que una parte no insignificante de los recursos financieros del Estado o de las comunas debe ser dedicada a los servicios relacionados con la gestión de residuos y al aseguramiento de una manipulación respetuosa con el medio ambiente de los residuos producidos. Con ello, la financiación de las medidas relacionadas con los residuos constituye un aspecto importante para la sostenibilidad de la gestión de residuos y determina por otra parte también la flexibilidad económica de las comunas. Mejorar la gestión de residuos incorporando tecnologías efectivas implica siempre gastos adicionales, para los cuales deben encontrarse vías apropiadas de financiación.

La responsabilidad por la financiación de la gestión de residuos debe ser repartida entre el Estado y las comunas. La política estatal debe fijar metas de política ambiental y apoyar su puesta en práctica mediante la adjudicación y el empleo de medios económicos. No obstante, es recomendable que la organización de la financiación de la gestión de residuos se encuentre paralelamente en mano de las comunas.

En el ámbito comunal hay que diferenciar entre la financiación de los servicios municipales, de los cuales los ciudadanos pueden o tienen que hacer uso, y la financiación de inversiones para la gestión de residuos.

Entre los servicios que los ciudadanos necesitan y utilizan figuran la recolección, el transporte y la eliminación de distintos

residuos originados en hogares particulares y zonas de uso público, así como la puesta a disposición de los recipientes adecuados para los residuos. La puesta a disposición y la utilización de estos servicios deben estar ligadas al cobro de aranceles a los ciudadanos, regulados en una ordenanza de cobros de tarifas por residuos.

Las inversiones que deben hacer las comunas para llevar a cabo la gestión de residuos en su debida forma son, entre otras, la adquisición de los recipientes adecuados para recolectar los residuos y de los vehículos de recogida, además de la construcción, explotación y rehabilitación de vertederos, así como la edificación y explotación de plantas de procesamiento y recuperación de los residuos. Estas inversiones deben ser financiadas mediante un modelo cualificado para la comuna, tomando en cuenta todas las ventajas y desventajas.

En este sentido y considerando que la protección del medio ambiente debe entenderse igualmente como una tarea político-económica, el ámbito de las posibilidades de financiación estatales debe ser también tomado en cuenta. Con ayuda de los distintos instrumentos de la política ecológica, el Estado puede intervenir con su política medioambiental en la relación entre el sistema social y ecológico en los siguientes aspectos:

- ▶ Puede limitar el consumo de los recursos naturales, por ej. cobrando un impuesto sobre las materias primas.
- ▶ Puede limitar el desecho a la naturaleza de materias residuales no deseadas con, por ejemplo, la implantación de licencias medioambientales o de un impuesto sobre los vertidos.
- ▶ Con tributos especiales o reglamentaciones impositivas destinadas a fomentar el reciclado, por ej. en forma de un impuesto sobre las materias primas, derechos y/o impuestos de eliminación, puede contribuir al establecimiento de ciclos de materiales y a reconducir los residuos directamente al flujo de recursos necesario para la producción. El cuadro 1 muestra una primera vista general sobre posibles instrumentos de financiación.

Cuadro 1: Instrumentos de financiación de carácter general en la gestión de residuos a distintos niveles

Modelos de financiación								
en el sector comunal					en el sector estatal			
Financiación de servicios de eliminación públicos		Financiación de inversiones				Instrumentos económicos-medioambientales		
Sistemas de tarifas		Financiación mediante créditos	Financiación a través de participaciones	Modelo de explotación	Otras formas de financiación	Impuestos ecológicos/ecotasas	Tributos	Licencias ambientales
de un componente	de varios componentes							
	Tarifa básica / tasa a tanto alzado	Créditos comunales	Participación de corporaciones de derechos público (mancomunidades locales)		Financiación mediante fondos	Impuesto de eliminación	Tasa de producto	
	Tasa por servicios		Participación de terceros privados (Public-Private-Partnership PPP)		Factoring	Impuesto sobre el envase	Tributo de eliminación	
	Tarifa de alquiler				Leasing	Impuesto sobre las materias primas	Impuesto sobre los vertidos	

A continuación se describen los distintos instrumentos de financiación y entregan informaciones relativas a la aplicación en la práctica.

Modelos de financiación en el sector comunal

Financiación de servicios públicos

Tarifas por residuos / Sistemas de tarifas

Un principio básico de la gestión de residuos debe ser la cobertura de los costos por parte de los generadores de los residuos („polluter pays“ – “quien contamina paga”). Esa es la razón por la cual se cobran aranceles por el uso de servicios de eliminación ofrecidos al público en general. En el caso ideal, el cobro de las tarifas que cubren los gastos se efectúa por servicios en forma individual, lo que constituye un cargo conforme a la procedencia de la recogida, recuperación y eliminación de los residuos al usuario de estos servicios.

Un elemento importante de este sistema es la “disposición para pagar” Si los ciudadanos están dispuestos a pagar los costos completos por el servicio individual, ello es un claro indicio de que el servicio se aprecia, que se considera necesario y que debe ser mantenido. Sobre esta base es posible generar los recursos financieros que realmente se necesitan para mantener el servicio.

Sin embargo, el monto que una persona está dispuesta a pagar por un servicio hipotético depende

también de cuánto está en condiciones de pagar esta persona. Por esta razón, la “asequibilidad del pago” es otro elemento decisivo para la financiación de los servicios relacionados con la gestión de residuos. El desconocimiento o la no observación de la capacidad individual para pagar puede conducir a que no se alcance la cobertura de los gastos por el servicio de gestión de residuos, o a que un pago de la prestación y con ello de la eliminación mediante el sistema de gestión de residuos ofrecido se rechacen en parte o completamente. Por este motivo son indispensables mecanismos y modelos tarifarios ampliamente adaptados y comprensibles para el público.

Gestión de residuos significa un amplio espectro de servicios de distinta intensidad y para diferentes materiales. El límite entre estos y otros servicios públicos puede variar e incluso puede haber duplicaciones. En general, los costos de la gestión de residuos pueden ser asignados a los siguientes servicios:

- ▶ recogida de distintos tipos de residuos y productos reciclables recolectados, en lo cual la recogida abarca la recolección, el transporte, el tratamiento y/o la eliminación de los residuos,
- ▶ puesta en práctica de programas de reciclado especiales (por ej. sistemas de devolución, etc.),
- ▶ información y trabajo de publicidad,
- ▶ prestaciones administrativas.

Los costos reflejan el precio actual o previsible de estas actividades. Al generador de los residuos se le cobra un precio por un servicio que está a su disposición y que se basa en los gastos que causa la puesta a disposición y la realización. La condición mínima para

ello es que se cubran los costos inevitables o fijos necesarios para la recogida y la eliminación de los residuos, independientemente de si finalmente el servicio ha sido realmente utilizado o si se ha hecho uso del mismo en su completo alcance.

Figura 1: Cuadro de los componentes de posibles sistemas de tarifas



En la gestión de residuos, los *costos fijos* son aquellos costos que se generan en forma independiente de la cantidad de los residuos recogidos y del alcance de la eliminación de los residuos. Se fundan en capacidades que deben ser instaladas y mantenidas a disposición para una eliminación en su debida forma de los residuos. Por otro lado, tenemos los *costos variables*, que surgen solo si realmente se hace uso de los servicios ofrecidos.

No siempre es posible separar claramente entre los costos fijos y variables. El desglose de los distintos costos en gastos fijos y variables se maneja, en parte, en forma bastante distinta. En un caso normal, el porcentaje de costos fijos asciende entre el 60 y el 80 % y el de los costos variables entre el 20 y el 40 %.

Por esta razón, para asegurar que los costos se cubran mediante los ingresos de tarifas es recomendable emplear un sistema de tarifas compuesto por un

componente fijo, independiente de la prestación, y por uno variable, dependiente del servicio, y que, dado el caso, diferencie entre diversos ámbitos de servicios.

Los posibles componentes de un sistema de tarifas por recogida de basuras resultantes de ello se encuentran resumidos en la Figura 1. Para elegir y calcular los distintos componentes es necesario procurar una distribución uniforme de la carga entre la población.

El sistema de tarifas de un componente

El *sistema de tarifas de un componente* el modelo de tarifas más sencillo, porque consta de un solo tipo de tarifa. El ejemplo clásico para este sistema es la tasa a tanto alzado, la que se compone de una tarifa fija, independiente del uso real e individual que se haga del servicio público y cubre la parte fija y la variable de los costos de la gestión de residuos. La cantidad total de los costos se reparte entre todos los usuarios (hogares) de los

servicios de la gestión de residuos. Este modelo tarifario garantiza una elevada cobertura de los costos, al igual que seguridad para el cómputo. Sin embargo, no se generan incentivos financieros a fin de lograr un comportamiento que reduzca los residuos o que estimulen a separar los residuos para su reciclado.

Entretanto, las estructuras de costos reales de la gestión de residuos y las metas medioambientales perseguidas, tales como la minimización de los residuos y el reciclado, recomiendan usar sistemas de tarifas de dos o más componentes. Como componente básico se establece una parte fija en forma de una tarifa básica / a tanto alzado para cada hogar. En cuanto al monto, esta tarifa puede ser unitaria (por ej. estableciendo una determinada cantidad anual) o no unitaria (referida a criterios específicos, tales como la superficie de inmueble o la cantidad de personas). La parte variable de la tarifa queda determinada por la magnitud del uso de los servicios de recogida, por ejemplo, por cada unidad de basura recogida y puede ser combinada con otros componentes de costos. Modelos tarifarios de varios componentes son los más apropiados para poner en práctica el principio del causante.

El cobro de tarifas por residuos siguiendo el principio “pague sólo por lo que tire” (o „pay-as-you-throw“, PAYT por sus siglas en inglés) constituye la forma más adecuada para un pago de los servicios de gestión de residuos proporcional al que los ha causado. Este principio invita a un comportamiento que evita residuos y al uso de sistemas de recolección selectiva de los mismos. A través de un cobro de tarifas por residuos organizado en esta forma se puede lograr también equidad entre los causantes, en la cual las personas tienen que pagar solamente la cantidad de residuos verdaderamente generada por ellos y los costos del respectivo tratamiento. Mediante el cálculo directo de unidades de prestación se incita a los hogares a, en general, evitar basura o a desviar una parte a aquellos sistemas destinados al reciclado, que macroeconómicamente son más baratos.

PAYT representa un contraste con respecto al principio practicado frecuentemente hasta ahora para la financiación de los servicios de la gestión de residuos, en el cual los costos para la recogida de los residuos se cobran con pagos o impuestos fijos por turnos y/o mediante una tarifa a tanto alzado, por ej. en base a la superficie del inmueble, de las personas que viven en un hogar, o como cuota por otros suministros. PAYT significa que los servicios de la gestión de residuos y con

ello el consumo de medio ambiente deben ser pagados en la misma forma que como se paga, por ejemplo, el consumo de corriente y de agua. Para poder poner en práctica esa vía del cobro proporcional de tarifas al causante se requiere:

- ▶ la determinación cuantitativa del residuo generado o del servicio usado para ello,
- ▶ una forma de identificación, a fin de poder asignar los costos surgidos por la recogida de residuos al generador, y
- ▶ una tarificación de las respectivas unidades de prestación, a fin de poder facturar en forma individual en función del tipo del servicio y de su uso.

Pese a que para ello la vía de un modelo tarifario completamente variable parece ser igualmente factible, también para la realización del sistema PAYT es recomendable usar modelos tarifarios de varios componentes. No obstante, esto deben considerar en su componente fijo de la tarifa únicamente los costos reales de la puesta a disposición del sistema de gestión de residuos y un mínimo absolutamente necesario de servicios de recogida y dejar un margen lo suficientemente amplio para la parte variable, a fin de conservar un incentivo para la reducción de basura. Amplias informaciones se pueden obtener, por ejemplo, en www.payt.net, así como en el manual en inglés presentado allí para la implementación del sistema PAYT.

A continuación se describen los elementos integrantes de modelos tarifarios de varios componentes, entregando asimismo más informaciones respecto a su aptitud.

Tarifa básica / tasa a tanto alzado

La tarifa básica abarca los costos fijos, independientemente del uso real de las instalaciones para la recogida. Se trata de gastos que no dependen del consumo, que se requieren primeramente para poder poner los servicios de recogida de residuos a disposición de los usuarios. Entre ellos figuran, aparte de los gastos para la contabilidad y los viajes a terreno, independientemente de si finalmente es necesario recoger residuos, los costos por la puesta a disposición de los vehículos, la adquisición y el suministro de los recipientes para los residuos, además de los costos de personal y mantenimiento, alquileres, intereses imputados, desvalorizaciones, etc.

Si aparte de los costos fijos se desea incluir en la tasa independiente de la prestación también los servicios que no pueden ser asignados cuantitativamente en forma directa, como por ej. la recogida de residuos voluminosos, la recolección de sustancias nocivas y otros, debe aplicarse una tasa a tanto alzado. Este sistema consiste en la agrupación de varios servicios sujetos a tarifa en una posición tarifaria, que se factura con un importe global. El cuadro 2 muestra los distintos criterios para calcular la tarifa básica y la tasa a tanto alzado.

En el caso de la tarifa básica / tasa a tanto alzado cobrada por recipiente es necesario considerar que debe efectuarse un registro de los recipientes, mediante lo cual es posible adscribir el recipiente inequívocamente al deudor de la tarifa. El gestor de los residuos o la comuna tiene los datos y son más fáciles de administrar comparado con datos con referencia a los habitantes e inmuebles.

Cuadro 2: Criterios para calcular la tarifa básica / tasa a tanto alzado

Tarifa básica / tasa a tanto alzado	
por persona	por recipiente
<ul style="list-style-type: none"> - Tarifa unitaria per cápita en función del número de habitantes por cada inmueble u hogar - La tarifa sube en forma proporcional al número de personas por cada inmueble u hogar 	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculo en función del volumen de recipiente puesto a disposición
por inmueble	por hogar
<ul style="list-style-type: none"> - Cálculo por cada inmueble 	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculo por cada hogar o en función del número de hogares en cada inmueble, sin tomar en consideración el tamaño del hogar

Una combinación entre el cobro por hogar y persona es más adecuada, en lo cual las tarifas pueden graduarse en forma decreciente con el aumento del número de personas por hogar. Las ventajas y desventajas de la tarifa básica cobrada por persona o recipiente se exponen en el Cuadro 4.

Modelos para la tasación de la tasa por servicios

Mientras que con la tarifa básica / tasa a tanto alzado los componentes de los costos, que son independientes del servicio o que no pueden ser asignados en forma directa, se distribuyen entre los deudores de la tarifa, la parte variable de las tarifas debe basarse en el servicio realmente usado. Los distintos criterios de cálculo para la tasa por servicios se exponen en el siguiente Cuadro 3.

Dado que en el caso de la tarifa en base al volumen, el volumen de los recipientes puede ser elegido libremente, las equivocaciones de quienes deben pagar la tarifa en relación con la estimación del volumen que se producirá y con ello en la elección del tamaño adecuado de los recipientes, constituye el mayor problema. Por esta razón se recomienda en este caso predeterminedar un volumen mínimo de residuos por habitante.

La determinación de un ritmo de recogida fijo (en su caso, puede ser también elegido de antemano por el consumidor que paga la tarifa) permite una recogida de residuos higiénica y se apropia por esta razón en forma especial para la recogida de desechos biológicos y otros residuos biológicos y químicos.

Para la tarifa de vaciado, un sistema de identificación se ofrece como una posibilidad moderna y efectiva de registrar el número de vaciados. Una descripción detallada de sistemas de identificación se hará en otra parte de la documentación (véase ficha de datos “Identificación de recipientes”).

Cuadro 3: Criterios de cálculo para la tasa por servicios

Tasa por servicios	
Tarifa en base al volumen	Tarifa de vaciado
<p>La magnitud para el cálculo son el volumen del recipiente y el ritmo de vaciado (por ej. ritmo de recogida fijo semanal, cada 14 días o cuatro semanas). A fin de obtener seguridad en las tarifas y lograr que los generadores de residuos usen realmente el sistema de recolección, esta forma de pago puede ser combinada con la fijación de un volumen de recogida mínimo sujeto al pago de una tarifa.</p>	<p>Magnitudes para el cálculo son el volumen del recipiente y el número de vaciados realizados efectivamente. El ritmo de recogida es variable. A fin de obtener seguridad en las tarifas y lograr que los generadores de residuos usen realmente el sistema de recolección, esta forma de pago puede ser combinada con la fijación de un número de vaciados mínimos sujeto al pago de una tarifa.</p>
Tarifa según el peso	Tarifa según volumen medido
<p>Magnitud para el cálculo es el peso de los residuos (peso específico de desechos residuales y biológicos). Requisito es la asignación de los recipientes al usuario mediante un sistema de identificación. La tarifa según el peso puede ser combinada con una tarifa de vaciado.</p>	<p>Magnitud para el cálculo es el volumen actual de los residuos en el momento del vaciado. Aparte de algunas soluciones, en las cuales el contenido del recipiente de basura se pesa, se pueden emplear sacos y bolsas de residuos o contenedores con sistema de control de acceso, que ofrecen la posibilidad del prepago. Requisito para este sistema es la adscripción de la basura recogida al causante.</p>

En el caso del sistema de identificación, un transponder identifica el recipiente durante el vaciado y lo adscribe a un usuario, lo que constituye además el requisito para la tarifa según el peso.

Adicionalmente a la tarifa por masa se puede cobrar también una tarifa de vaciado, mediante lo cual se crea para el ciudadano el incentivo de poner recipientes lo más llenos posibles a la hora de la recogida.

En el cuadro 5 muestra un resumen de todas las tarifas con sus ventajas y desventajas.

La tarifa mínima por servicios juega un papel especial y tiene el carácter de una tarifa básica, que se cobra independientemente del uso de los servicios por parte del deudor de la tarifa. La tarifa mínima por servicios está destinada a asegurar una eliminación ecocompatible, que se ve perjudicada, por ejemplo, por descargas descontroladas de desechos o desplazamientos de los flujos de residuos. Para no interceptar los esfuerzos de prevención de la generación residuos es recomendable fijar volúmenes o vaciados mínimos con un número manifiestamente inferior al del uso promedio.

Cuadro 4: Ventajas y desventajas de los distintos modelos para la tasación de la tarifa básica

	por persona	por recipiente	por inmueble	por hogar
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad de cálculo Determinados costos dependen del número de personas en el hogar (por ej. recogida de desechos voluminosos o de sustancias nocivas) 	<ul style="list-style-type: none"> Seguridad de cálculo Aplicación sencilla Gastos administrativos bajos La posibilidad de elegir el tamaño del recipiente crea un incentivo financiero para prevenir la generación de residuos y separarlos selectivamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación sencilla Gastos administrativos bajos 	<ul style="list-style-type: none"> Gastos administrativos relativamente bajos tras su implantación
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Gastos administrativos altos durante la implantación y por la administración de los datos, debido al frecuente cambio del tamaño de los hogares En determinados costos no hay una relación entre el número de personas y el monto de los costos (por ej. el papel reciclable es más bien específico para un hogar) 	<ul style="list-style-type: none"> No hay relación directa entre la cantidad generada de desechos residuales y la cantidad generada de residuos voluminosos, papel reciclable, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> No garantiza igualdad de trato por cuanto que se cobran importes a tanto alzado sin importar el tamaño del inmueble El tamaño del inmueble no es una medida apropiada para tasar los costos de otras fracciones, por ej. residuos voluminosos, papel reciclable, porque no hay relación entre estos dos parámetros 	<ul style="list-style-type: none"> Elevados gastos administrativos al implantar No es una medida apropiada para tasar los costos de otras fracciones, (por ej. recogida de desechos voluminosos o de sustancias nocivas), porque estos son más bien específicos para una persona

Cuadro 5: Ventajas y desventajas de las distintas tarifas para cobrar una tasa por servicios

	Tarifa en base al volumen	Tarifa de vaciado	Tarifa según el peso	Tarifa según volumen medido
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> mayor estímulo para evitar y reciclar residuos voluminosos plausibilidad y transparencia de la calculación la tarifa en base al volumen es aceptable para el ciudadano dado a la libre elección del recipiente 	<ul style="list-style-type: none"> mayor estímulo para evitar y reciclar residuos voluminosos plausible para el ciudadano 	<ul style="list-style-type: none"> mayor estímulo para evitar y reciclar residuos pesados toma en cuenta el uso real del servicio plausible para el ciudadano permite vigilar continuamente el desarrollo real de la generación de residuos (por ej. constatación inmediata de la eficacia de determinadas medidas de la gestión de residuos) 	<ul style="list-style-type: none"> retribuye una alta preocupación por evitar y separar selectivamente los residuos, en particular residuos voluminosos; apropiada especialmente junto con la recolección selectiva de envases y residuos voluminosos volumen de recipiente no usado no se paga pago transparente para el ciudadano (precio por unidad de volumen)

	Tarifa en base al volumen	Tarifa de vaciado	Tarifa según el peso	Tarifa según volumen medido
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> menor aceptación en caso de elección restringida de recipientes compactado de residuos equivocación al estimar el volumen de recipiente requerido, con la consecuencia de una mayor cantidad de residuos voluminosos y costos de recogida específicamente más altos debido a recipientes pequeños 	<ul style="list-style-type: none"> compactado de residuos se requieren altos gastos administrativos ritmo de vaciado a libre elección produce problemas higiénicos es necesario viajar a todos los lugares de colocación de los recipientes, pese a que se pongan solo algunos de ellos 	<ul style="list-style-type: none"> elevados costos de inversión mayores gastos de mantenimiento estimula la tirada de residuos pesados en recipientes que no corresponden 	<ul style="list-style-type: none"> costos elevados para dispositivos de medición, su ajuste y mantenimiento sensibilidad de la medición y susceptibilidad a errores alto estímulo para descargas ilegales de basura y contaminación con fracciones reutilizables

Tarifa de alquiler

La tarifa de alquiler debe cubrir los costos por la puesta a disposición de los recipientes para residuos. El monto de la tarifa varía en función del tamaño del recipiente. Como alternativa, los costos se pueden repartir también en la tarifa básica / tasa a tanto alzado o en la tasa por servicios.

No obstante, una contabilización por separado de la tarifa de alquiler contribuye a la seguridad del cálculo, porque costos surgen ya tan solo por la puesta a disposición del recipiente. Además, ello permite optimizar el suministro de los recipientes.

Estrategias de liquidación

Las estrategias de liquidación designan la forma de calcular los servicios y pueden ser subdivididas en las siguientes tres variantes:

- ▶ Liquidación lineal o neutral: Cada recipiente de residuos recogido y cada unidad de servicio cuesta para el ciudadano el mismo precio, sin perjuicio de la cantidad puesta a disposición o usada.
- ▶ Liquidación degresiva o pasiva: El segundo recipiente vaciado del mismo causante de los residuos cuesta menos que el primero, el tercero menos que el segundo, etc. El mismo esquema puede ser aplicado al tamaño de los recipientes, es decir, en la relación entre ellos, el precio para recipientes más grandes es más bajo que para recipientes de dimensiones menores.
- ▶ Liquidación progresiva o activa: El segundo recipiente recogido del mismo causante de los residuos cuesta más que el primero, el tercero más que el segundo, etc.

Las razones para las distintas formas de estrategias de liquidación varían en dependencia de aspectos sociales y políticos.

La forma lineal del cálculo de tarifas no considera ningún tipo de factor del surgimiento de la basura o los distintos ámbitos de servicios ni tampoco el criterio coste-eficacia de la recogida de residuos. Cada ciudadano y cada generación adicional de residuos son considerados en la misma forma. Esta forma es la más sencilla de implantar y facilita la liquidación. Aparenta un tratamiento equitativo y justo, pero oculta el verdadero desarrollo de los costos en la eliminación de residuos y la liquidación.

Aparentemente, la forma degresiva del cálculo de tarifas es “más favorable” para generadores de grandes cantidades de residuos, aparte de estar en oposición con la variante de abono progresiva, en la cual estos generadores de residuos son recargados más fuerte que en cualquiera de los otros sistemas de cobro.

Sin embargo, al considerar las estructuras reales de los costos de la recogida de residuos y los métodos de liquidación usuales queda claro, que la estrategia de liquidación degresiva refleja de la mejor forma la utilización diferenciada de un sistema municipal de gestión de residuos, constituyendo con ello la solución más cercana a la práctica. Esto se explica con el hecho, entre otros, de que por ej. los recorridos para la recogida son, por lo general, más cortos dentro de las áreas urbanas edificadas y la eficiencia de vaciado más alta gracias a los recipientes de mayor tamaño en comparación con las zonas en la periferia de la ciudad y las zonas rurales. Cantidades de residuos pequeñas, que deben ser recogidas en puntos ubicados en forma diseminada, y distancias de viaje más largas incrementan en este caso los costos.

Posibilidades para la financiación de inversiones

Financiación mediante créditos

La forma clásica de financiación externa a largo plazo de entidades municipales son los así llamados créditos municipales. Por ello se entiende empréstitos y préstamos públicos, en lo cual los empréstitos públicos normalmente no tienen importancia para financiaciones externas en la gestión de residuos. En este caso, se aplican cada vez más los así llamados préstamos contra pagaré. En este caso, la corporación pública del caso no está ligada a un banco determinado, sino que puede organizar libremente su estructura de acreedores.

En dependencia del tipo de amortización se puede diferenciar entre las siguientes formas de préstamos contra pagaré:

- ▶ **Crédito de cuota fija:** El crédito vence con una sola suma a fines de la duración del mismo, a través de lo cual el crédito tiene una determinada duración unívoca.
- ▶ **Crédito a plazo:** El crédito a plazo se amortiza sobre la base de porcentajes de amortización fijos acordados. Es decir, la duración del crédito depende del monto de la cuota de reembolso acordada.
- ▶ **Préstamo por anualidades:** Se acuerda una anualidad fija (suma de los intereses y la amortización) a pagar anualmente. Mientras que la anualidad permanece constante, la relación entre los intereses y la amortización cambia constantemente en el transcurso de la duración del crédito a favor del porcentaje de la amortización (la parte de los intereses se reduce).

La ventaja del crédito municipal consiste en las condiciones bastante favorables, resultantes de la, en la mayoría de los casos, alta solvencia de las empresas públicas, la que se basa en el bajo riesgo de morosidad de los prestatarios comunales, dado que éstos no quiebran. Asimismo, debido a las tarifas que cubren los gastos, casi no se presentan problemas materiales para asegurar los créditos.

Financiación a través de participaciones

- ▶ **Participación de corporaciones públicas en mancomunidades locales:** La participación de corporaciones públicas en mancomunidades locales es la forma de organización típica de la cooperación intercomunal. Mediante la ampliación del territorio de recogida se pueden

obtener tamaños de explotación óptimos, al igual que efectos de racionalización mediante la organización conjunta de las tareas de la gestión de recogida. La mancomunidad local se hace cargo de las tareas de la gestión de residuos de las corporaciones participantes. A menudo, la mancomunidad local asume únicamente determinadas tareas individuales, por ej. la explotación de una planta de tratamiento térmico. La mancomunidad local posee autonomía financiera, es decir, puede cobrar tasas y contribuciones para financiar sus tareas. Si estos ingresos no son suficientes para cubrir la necesidad financiera, la mancomunidad local puede cobrar una cuota a los miembros de la asociación.

- ▶ **Participación de terceros:** La legislación liberal otorga a las corporaciones territoriales libertad para elegir una forma de organización para sus tareas de recogida. Las corporaciones territoriales pueden decidir (en conformidad con sus preferencias políticas y económicas), si y cómo desean privatizarse o no. En este caso no hay especificaciones centrales para la así llamada “transferencia de deberes a un tercero”. Una privatización completa solo es posible en casos especiales, considerando que ello implica restricciones importantes y tomando precauciones. Las formas de organización más frecuentes son las siguientes:
 1. **Empresa estatal:** No ostentan personalidad jurídica propia, siendo por lo tanto parte jurídica de la administración de la respectiva corporación territorial.
 2. **Empresa municipal:** No poseen personalidad jurídica propia, por son autónomas desde el punto de vista organizativo; unidad presupuestaria propia con contabilidad independiente.
 3. **Sociedad municipal:** Sociedad privada en manos de la corporación territorial con personalidad jurídica propia.
 4. **Joint Venture:** Entidad pública con influencia de empresas privadas.
 5. **Contrato de gestión y servicio (contracting):** El inmueble se encuentra en posesión de la corporación territorial, pero la explotación y las otras tareas de administración están a cargo de una empresa privada.
 6. **Modelo de concesión:** Delegación de la explotación de la planta a una empresa privada

con la posibilidad de que el cumplimiento de las tareas quede en manos de la corporación territorial.

- ▶ Participación de terceros privados (Public-Private-Partnership – PPP): Asociaciones con el sector privado – más conocidas como Public Private Partnerships (PPP) [*APP - Asociaciones Público-Privadas por su designación en español*] – representan otro modelo nuevo de la cooperación entre corporaciones públicas y la economía privada. Las APP's pueden aportar recursos del sector económico-privado al sector público para el abastecimiento y el suministro de instalaciones y servicios públicos. El concepto de APP se utiliza para hacer factibles los muchos tipos de pactos relativos a las actividades y con ello planificar asociaciones informales y estratégicas, para concluir contratos de servicios y constituir empresas en comunidad formales. Iniciativas financiadas en forma privada son una forma de APP; pero en principio, constituyen también una forma del contracting o de adjudicación de contrata, que incluyen los siguientes elementos:
 1. un contrato de servicios a largo plazo entre la corporación pública y el ejecutor económico-privado,
 2. la asignación de capital y las correspondientes prestaciones por parte del ejecutor,
 3. un pago unitario por parte de la corporación pública, que cubre los recursos invertidos y las prestaciones,
 4. la integración del diseño, de los edificios, de la financiación y de la ejecución en las propuestas del ejecutor,
 5. el traspaso del riesgo al socio que está en mejores condiciones de manejar este riesgo y correr a cargo con los costos,
 6. suministros que no satisfacen los estándares de prestación se excluyen en el pliego de prestaciones,
 7. un mecanismo de pago según el rendimiento,
 8. un procedimiento “que no recarga el balance” de la corporación pública, de modo que cada recurso invertido durante el proyecto no contraviene las promesas de capital externo,
 9. apoyo por parte del Estado mediante la concesión de préstamos especiales.

Una posible forma de APP es la fundación conjunta de una sociedad de carácter económico mixto por parte de la entidad gestora pública con una empresa privada eliminadora de residuos, adjudicando al mismo tiempo las contrata a esta sociedad. Como alternativa, la entidad gestora pública puede constituir primeramente una sociedad municipal y ésta recibe un contrato de eliminación de residuos. En una segunda etapa, las participaciones de la sociedad (por regla general hasta el 49 %) se venden a una empresa privada eliminadora de residuos, de modo que a partir de entonces las tareas son ejecutadas por la sociedad de carácter económico mixto.

Para la entidad gestora pública, las APP's son interesantes en primer lugar por la descarga que ello significa para el presupuesto de capital y por la vinculación de capital privado, pero también por el know how que dispone la economía privada y la flexibilidad y agilidad de los socios privados.

Cuando se requiere confirmar que la inversión de capital necesaria excede el nivel de los medios corrientes (por ej. impuestos, tasas), las APP's están sujetas a una revisión especial. La necesidad de capital se determina según el tipo de ejecución del servicio, así como la calidad del servicio. Una APP no puede ser considerada como la salvación de la financiación, porque no es probable que la corporación pública obtenga ganancias; las APP's rinden un servicio más costoso. El desafío para la corporación pública consiste en el desarrollo de APP's de alta calidad. APP's tienen que estar en condiciones de realizar incrementos significativos del rendimiento y ahorros eficientes.

Las APP's no pueden guiarse por pretensiones inmaduras, en el sentido de que el sector económico-privado se organiza mejor, así como que ofrece más ganancias y un mejor servicio que el sector público. Una APP tiene que ser probada, evaluada y preparada en la práctica para la operación comercial con proyectos realistas. Estas condiciones hacen más probable la materialización de una plusvalía mediante una alianza. Una evaluación del riesgo hecha en forma debida y reglas aseguran un proceso de este tipo.

Mayores informaciones respecto al principio de las APP's y otros enlaces pueden encontrarse en las páginas del Centro de Recursos para Asociaciones Público-Privadas [*PPP Infrastructure Resource Center (PPPIRC) por su denominación en inglés*]

- ▶ <http://ppp.worldbank.org>

Modelos de concesión

Los modelos de concesión son el complejo resultado de estructuras organizativas y financieras, que incluyen relaciones entre corporaciones públicas y el sector económico-privado desde el punto de vista financiero y de la puesta a disposición de servicios. Usualmente, en la gestión de residuos se puede encontrar este tipo de modelos creados para construir y explotar vertederos, así como para explotar plantas de depuración.

Un modelo tal se basa en la idea de que la empresa privada se hace cargo de la financiación, de la construcción y de la explotación de la planta de eliminación de residuos sobre un terreno de propiedad pública. Para ello se trabaja en forma conjunta con la autoridad responsable de la gestión de residuos, la que establece, planifica, construye y explota la planta de eliminación de residuos conforme a la demanda.

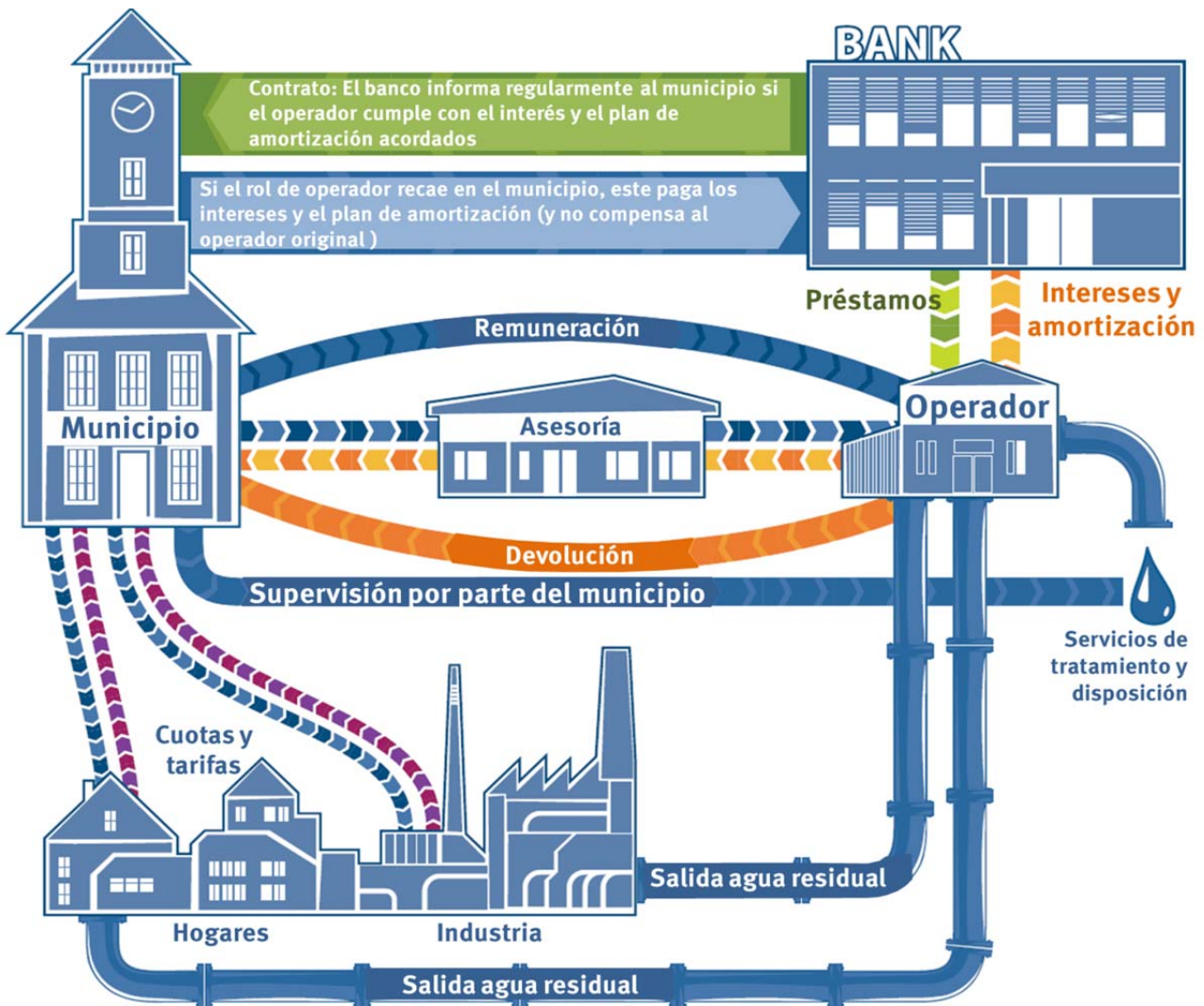
El futuro explotador se selecciona en un

procedimiento abierto de licitación. En este caso, la autoridad responsable de la gestión de residuos usa la planta para asegurar la eliminación de residuos en el respectivo territorio y paga al explotador una remuneración por el servicio puesto a disposición. La base para este modelo son numerosas condiciones contractuales acordadas a largo plazo (hasta 30 años).

No se puede pasar por alto el riesgo de que toda la planta y todas las obligaciones correspondientes (tanto financieras como organizativas) pasan a la corporación pública, si el explotador encargado de la planta no cumple con sus deberes o quiebra. Una financiación privada junto con la competencia correspondiente son en este caso una gran ventaja.

El modo de funcionamiento del modelo de concesión está ilustrado en la Figura 2 en el ejemplo del sector del tratamiento de aguas residuales.

Figura 2: Ejemplo de un modelo de concesión (en un ejemplo del sector del tratamiento de aguas residuales)



Otros modelos de financiación

Financiación mediante fondos

La financiación mediante fondos se utiliza para proyectos que requieren de cantidades mayores de capital, por ej. la construcción de plantas térmicas de tratamiento de residuos. Desde el punto de vista técnico-financiero se trata de un préstamo contra pagaré de una entidad privada de captación de capital (fondo inmobiliario). La entidad privada de captación de capital obtiene el capital por dos vías:

1. mediante la venta de títulos de participación, la que está ligada a la formación de capital propio, la que es necesaria, entre otros, para b),
2. mediante la contratación de capital externo adicional.

El bien de inversión financiado en esta forma es de propiedad del fondo inmobiliario. A continuación, el bien de inversión es puesto a disposición de una entidad municipal (por ej. mancomunidad local) para su uso permanente, usualmente con un contrato de leasing. Las ventajas para la entidad pública consisten en la obtención de capital privado, en la no carga del presupuesto de capital y en la vinculación del know how privado. Debe tenerse en cuenta que la entidad municipal asume el riesgo de inversión, en la mayoría de los casos en forma completa.

Factoring

Como factoring se entiende la venta de créditos propios a terceros. En un modelo de factoring, una empresa privada eliminadora de residuos concluye un contrato de eliminación a largo plazo con una entidad gestora pública sobre la prestación de un determinado servicio de eliminación. Por el uso de estos servicios, la entidad gestora pública paga una retribución al gestor de residuos privados, la que a su vez se costea con los ingresos procedentes de las tasas cobradas. Previo acuerdo con la entidad gestora pública, el gestor de residuos privado construye el bien de inversión. El capital externo requerido para ello se obtiene mediante la venta, por parte de la empresa privada eliminadora de residuos, de sus créditos de retribución emanantes del contrato de servicios que le debe la entidad gestora pública. El valor líquido recaudado con ello tiene el monto apropiado y la financiación un precio favorable, dado que los créditos son seguros debido a que la entidad gestora pública no quiebra y los créditos están respaldados por las tasas de recogida. Lo ventajoso es que no se afecta el presupuesto de capital. Sin embargo, lo desfavorable es que la entidad gestora pública

renuncia frente a los explotadores privados y frente al instituto de crédito a las así llamadas objeciones, es decir, ella debe seguir pagando las retribuciones al explotador privado, aún si se presentan perturbaciones en la prestación. Además, la vinculación contractual es en la mayoría de los casos de larga duración, lo que menoscaba la flexibilidad de la entidad pública, por ej. en caso de cambiar las demandas.

Leasing

Como modelos de leasing se entiende la toma en alquiler de un determinado bien con una opción de compra futura. El traspaso de la propiedad del prestador al tomador del leasing no tiene necesariamente que formar parte del contrato, sino que solamente es una posibilidad. En la actualidad, los modelos de leasing se emplean sobre todo para obtener capital privado para la financiación a largo plazo de inversiones municipales, el así llamado leasing de financiación. En este modelo, una sociedad de leasing construye un determinado bien de inversión a base de capital externo. La entidad pública utiliza este bien de inversión sobre la base de un contrato de leasing con la sociedad de leasing. En el sector de la eliminación pública de residuos, los arriendos se pagan con las tarifas por residuos cobradas a los obligados a suscribirse al servicio.

Como ventajoso se evidencia en el caso del leasing el hecho de que no se carga el presupuesto de capital. Por otro lado, el riesgo de inversión material pasa del prestador al tomador del leasing, porque la sociedad de leasing construye el bien bajo el aspecto de que será utilizado exclusivamente por la comuna durante toda la vida útil usual para el bien, lo que presupone un correspondiente compromiso contractual a largo plazo. Si la demanda de una determinada prestación de eliminación cambia, demanda cubierta con el uso de la planta (en caso extremo, el uso de la planta se hace innecesario), la comuna sigue comprometida a pagar debido al contrato de leasing a largo plazo.

Instrumentos económicos-ambientales en el sector estatal

Los instrumentos económicos-ambientales están destinados a crear incentivos y/o posibilidades de financiación, a fin de cumplir determinadas metas de la política ecológica. Los precios para la utilización del recurso medio ambiente se fijan mediante decisiones políticas, las que deben simular procesos similares al mercado para el factor de producción medio ambiente, que de lo contrario no tendrían lugar. Este tipo de

impuestos y tributos ecológicos encarecen para el causador las actividades nocivas para el medio ambiente. Con ello se generan incentivos para utilizar tecnologías respetuosas del medio ambiente, además de fomentar comportamientos ecológicos.

Hasta ahora no se usan conceptos unitarios para describir los distintos instrumentos financieros utilizados por el Estado para incrementar los recursos financieros y ejercer influencia sobre actuaciones relativas al medio ambiente. Estos instrumentos descritos a continuación corresponden a las exposiciones de Ekins y Speck (1999):

- ▶ Tarifas que cubren los gastos, con las cuales se pretende contribuir al uso de los recursos naturales o que sirven para controlar y supervisar el uso. El monto de la tarifa que cubre los gastos depende del alcance del servicio planificado o de otras disposiciones que influyen sobre el monto de los ingresos.
- ▶ Impuestos, que por un lado se imponen para cambiar comportamientos que destruyen el medio ambiente, y, por otro lado, para incrementar los ingresos. Sin embargo, el éxito de tales de incentivos puede ser evaluado solo por la relación que tengan los ingresos con respecto al cambio de comportamiento.
- ▶ Impuestos que incrementan los ingresos, que influyen el comportamiento y que de todas maneras proporcionan abundantes ingresos y hacen necesarias estipulaciones relativas al medio ambiente.

Estas tres formas de tributos ambientales no se excluyen mutuamente: una tarifa que cubre los gastos puede tener efectos más estimuladores que un impuesto que incrementa los ingresos, o, los ingresos de un impuesto de este tipo pueden ser utilizados, en parte, para objetivos en materia de política ecológica. Esa es la razón, por la cual es difícil una diferenciación entre impuestos y tasas¹.

Impuestos ambientales / ecológicos

A diferencia de los tributos ambientales, las que fluyen directamente en proyectos relevantes para el medio ambiente, los ingresos emanantes de estas ecotasas son asignadas al presupuesto general del Estado y no directamente o en forma automática al sector especial, donde se imponen. Están destinadas a aumentar

los ingresos del Estado mediante impuestos y a que los ciudadanos hagan un aporte al presupuesto público, a fin de financiar las tareas colectivas ejecutadas por las entidades públicas.

Impuestos que aumentan los ingresos

- ▶ Impuesto sobre las materias primas o impuesto sobre el consumo de recursos: El objetivo del impuesto es el consumo ahorrativo de determinados recursos y tiene la intención de fomentar el desarrollo de procesos y tecnologías que ahorra productos. Un ejemplo muy conocido en este sentido es el impuesto sobre aceites minerales y carburantes.

Impuestos incentivadores

- ▶ Impuesto sobre la recogida de residuos: El impuesto sobre la recogida de residuos sirve como instrumento de control para aumentar el potencial de prevención en la generación de residuos. El objetivo consiste en lograr que se produzcan mercancías que puedan ser reutilizadas, sean fáciles de reciclar y generen pocos residuos en su vertido. La meta es un sistema económico con ciclos de materias primas cerrados, orientado a impactos medioambientales minimizados.
- ▶ Impuesto sobre el envase: El impuesto sobre el envase es un impuesto local sobre el consumo, que puede ser cobrado al vender envases no reutilizables o no reciclables. La aplicación de este impuesto está limitada territorialmente y es difícil de implementar mediante regulaciones legales. (De consideración: La implantación de este impuesto ha sido detenida en una serie de países europeos).
- ▶ Impuestos a comunas: Un instrumento especial, alzado por autoridades estatales, es el impuesto a comunas sobre cantidades de residuos excedentes. Este instrumento se aplica a comunas, cuando la suma total de los residuos domésticos recogidos por la comuna excede la cantidad fijada con carácter jurídicamente vinculante. Este impuesto está destinado a impulsar a las comunas al mejoramiento de su sistema de gestión de residuos, a aumentar la sensibilización general en la población para evitar la generación de residuos y a limitar lo más posible la cantidad de residuos. Cada tonelada de residuos que excede el nivel permitido es sancionada con un impuesto

¹ consulte también: Study on Environmental Taxes and Charges in the EU. Report of ECOTEC and others, abril 2001

especial, que la comuna debe pagar a la autoridad que ha introducido este impuesto. La base para calcular el impuesto a aplicar es la cantidad total de los residuos recogidos en hogares dentro de un año. Algunos tipos de residuos no se consideran en el registro de la cantidad de residuos anual. Se trata de fracciones reciclables, como por ej. papel y vidrio, que se acopian en recolecciones especiales, así como cualquier material, que después de la recolección de los residuos domésticos aún puede ser eliminado, separado o reciclado, en lo cual el reciclado puede incluir también el aprovechamiento térmico de los residuos. A fin de apoyar el reciclado de residuos, estos residuos no cuentan para la cantidad permitida y no están sujetos al impuesto.

Tributos ambientales

La función más importante de los tributos ambientales consiste en el incentivo para prevenir y reducir peligros de contaminación, con lo que, aparte de la función de financiación, cumplen también una función de encauzamiento. Los ingresos emanantes de los tributos ambientales se emplean en forma específica, es decir, en el sector, en el cual se cobran.

Tributos de eliminación

Los tributos de eliminación se cargan al consumidor directamente al comprar un producto o con el uso de un servicio. A través de ello, el consumidor corre con los costos del reciclaje de estos productos. La nueva legislación de la UE ha creado una serie de prescripciones, mediante las cuales se deben cobrar derechos para la ejecución de la gestión de residuos, por ej.

- ▶ El “Punto Verde” para residuos de envases. Mediante el pago de una tasa de licencia, las empresas obtienen el derecho a utilizar el “Punto Verde”, el que señala al consumidor que los fabricantes y comerciantes financian la recolección y clasificación de los residuos (www.gruener-punkt.de).
- ▶ Los sistemas de devolución (por ej. para aparatos eléctricos y electrónicos, automóviles fuera de uso y baterías). Reglamentaciones legales exigen que los productores y comerciantes calculen los gastos de la devolución y eliminación de estos materiales, quienes - en forma similar al caso de los envases - cargan estos costos al precio del producto.

Los tributos de eliminación pueden ser cobrados también en forma específica para el sector, por ejemplo, en el turismo y en la navegación.

- ▶ Turismo: El tributo puede ser cobrado a los turistas como parte de los gastos de alojamiento o en forma indirecta con la tasa de balneario u otras tasas locales.
- ▶ A fin de impedir que los residuos sean vertidos en forma ilegal en el mar, todos los barcos deben cancelar un tributo de eliminación cuando arriban a la zona portuaria, que da derecho a desechar los residuos del barco en forma ecológica en el puerto.

Tasas de productos

Las tasas de productos se imponen con el fin de limitar, por motivos de la política energética y de las materias primas, el consumo y uso de materias primas y mercancías. Ejemplos al respecto son el impuesto sobre latas (antiguamente aplicado en Dinamarca) o el depósito obligatorio (aplicado sobre latas y botellas no retornables).

Tasas / impuestos de tratamiento de residuos

Esta forma de contribución existe en muchos países europeos, donde se cobra en relación con las distintas posibilidades del tratamiento de residuos como impuesto sobre los vertidos, impuesto a la incineración o tasas por el tratamiento de los residuos, con el fin de encauzar los flujos de residuos a plantas de eliminación ecológicamente de alta calidad. Las variantes más comunes son las siguientes:

- ▶ Tributo / impuesto sobre los vertidos: Se trata de impuestos o sobretasas especiales para residuos depositados en vertederos. El objetivo de su imposición consiste en no hacer más barato el depósito en vertederos en comparación con otras vías de tratamiento, sino que incluso eventualmente más caro en el sentido de un encauzamiento ecológico del flujo de materiales. Con ello se crea un mayor incentivo para aprovechar mayores cantidades de residuos. Por otra parte, un tributo sobre los vertidos puede ser aplicado también para reducir depósitos en vertederos que no cumplen los criterios ecológicos. Para ello, un tributo tal debe ser graduado en dependencia del tipo de residuo y del equipamiento del vertedero, para obtener el efecto medioambiental de que vertederos no compatibles con el medio ambiente sea reequipados rápidamente, o bien cerrados. Para

ello, el tributo debe ser ingresado a un fondo independiente administrado por una institución neutral. Con este fondo se pueden financiar tanto cierres de vertederos, como también medidas de recultivación y saneamientos de terrenos contaminados. A fin de tomar medidas en contra del depósito de residuos en vertederos baratos, eventualmente también en el extranjero, es necesario, aparte de las precauciones jurídicas, organizar una armonización de tales tributos, incluso a escala transnacional.

- ▶ Tributo / impuesto a la incineración: Se trata de tributos o sobretasas especiales para residuos que son llevados a la incineración. También en este caso es posible obtener un efecto de encauzamiento en lo que respecta al uso de determinadas instalaciones (por ej. pasar de meras plantas de incineración de modelos más antiguos a plantas con recuperación de energía) mediante una diferenciación o graduación adecuada. Por otro lado, un tributo de este tipo puede asegurar que la renuncia al vertido de residuos no lleve automáticamente a un cambio de sistema hacia únicamente la incineración de residuos. Por el contrario, este tipo de tributo tiene también la meta de apoyar el paso desde una mera eliminación de los residuos a un modelo de tratamiento y aprovechamiento orientado al flujo de materiales.

Licencias ambientales y certificados

Las licencias ambientales y los certificados ambientales constituyen el instrumento en materia de política ecológica, con el cual el Estado, mediante la emisión o la venta de derechos de contaminación ambiental, desea imponer sus metas ecológicas. El objetivo consiste en alcanzar un estándar ambiental fijo predeterminado – por ej. el monto de una determinada carga de emisiones – con costos mínimos para la economía nacional.

Los contaminadores pueden emitir sustancias nocivas al medio ambiente sólo estando en posesión de estas licencias y únicamente en el monto de la cantidad adquirida de licencias. Los contaminadores tienen la posibilidad de minimizar sus costes microeconómicos, si intentan reducir su contaminación del medio ambiente con sustancias nocivas. Quién, por el contrario, quiere contaminar con muchas emisiones, tiene que comprar licencias a quienes no las necesitan. Con ello se garantiza un uso efectivo de los escasos recursos

naturales, que hasta ahora han sido derrochados desmesuradamente.

En la gestión de residuos, las posibilidades para el comercio con licencias de uso se dan en la limitación de la cantidad de envases no retornables, de determinadas sustancias (por ej. fertilizantes) u otros productos nocivos para el medio ambiente.

Las ventajas de las licencias ambientales consisten en el aseguramiento de la contaminación máxima, fijada por la política, del medio ambiente y en la minimización de los costes microeconómicos, vendiendo licencias ambientales y reforzando las medidas para evitar emisiones. Sin embargo, por otro lado se presenta un problema desde el punto de vista de la competencia, dado que a través de la acumulación de licencias podrían surgir monopolios de mercado y erigirse barreras de entrada a los mercados.

Con el mecanismo implantado entretanto en la UE para el comercio de derechos de contaminación, los certificados negociables para el gas de efecto invernadero CO₂ dan derecho a los explotadores de centrales energéticas y plantas industriales a emitir una cantidad fijada en forma exacta de CO₂. Si una planta expulsa más emisiones, su explotador debe comprar certificados adicionales. Pero si se reducen las emisiones de este gas perjudicial para el clima, el explotador puede vender certificados y obtener con ello ingresos.

El comercio de derechos de contaminación es supervisado por entidades para el comercio de derechos de emisión constituidas especialmente para este propósito, quienes se encargan de adjudicar y cancelar certificados de emisiones y llevan un registro. La concesión de certificados de emisiones para plantas nuevas depende del aprovechamiento de las posibilidades técnicas para reducir los gases de efecto de invernadero. Con ello se pretende dar un incentivo para inversiones en tecnologías modernas respetuosas con el clima y para usar combustibles que emiten poco CO₂. En Alemania, la entidad para el comercio de derechos de emisión está radicada en la Oficina federal de medio ambiente de Alemania.

En particular, mediante el empleo de combustibles derivados de residuos con un alto porcentaje biogénico en la generación de energía mediante co-incineración (véase también la ficha de datos "Co-incineración industrial") se pueden generar certificados de CO₂. En la actualidad, las plantas de incineración de basuras no participan en el comercio de derechos de contaminación.

Aparte del comercio de derechos de contaminación descrito, existen dos mecanismos más:

- ▶ Joint Implementation (JI; proyectos conjuntos de protección del clima entre países industriales)
- ▶ Clean Development Mechanism (CDM; medidas entre países industriales y países en vías de desarrollo).

Estos mecanismos referidos a proyectos específicos son instrumentos establecidos en el protocolo de Kioto, que permiten a los países industriales y a los países emergentes cumplir una parte de sus compromisos emanantes del protocolo de Kioto de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero con costos, en lo posible bajos, también fuera de su territorio. De este modo, los países industriales pueden realizar proyectos conjuntos con países en vía de desarrollo, con los cuales se reducen emisiones en el país en desarrollo. La empresa que ha invertido en la tecnología respetuosa con el medio ambiente en un país en desarrollo recibe certificados, con los cuales cubre sus propias emisiones o los puede vender en el marco del comercio de derechos de contaminación.

En la gestión de residuos, este mecanismo es de especial interés para proyectos relacionados con gases procedentes de basuras, dado que el metano de vertederos origina la mayor parte de las emisiones en el sector de los residuos. Si el metano captado en vertederos se emplea en una planta de cogeneración para generar corriente y calor, es posible generar certificados adicionales, dado que se sustituye corriente y calor generados mediante energía fósil. Por esta razón, proyectos en países en desarrollo, mediante los cuales vertederos incontrolados se transforman en vertederos organizados con captación de gases y generación de energía con estos gases (véase también „Vertederos de residuos no peligrosos”), figuran entre los proyectos que entran en consideración para financiaciones mediante CDM. La categoría de los proyectos CDM en el sector de la gestión de residuos puede abarcar también residuos industriales, como por ej. aguas residuales procedentes de la producción de aceite de palma o de almidón y de haciendas de ganado. En este caso existe la posibilidad de obtener el metano que surge en las aguas residuales y de emplearlo como biogás para generar energía o de quemarlo, reduciendo con ello el potencial de gas de efecto de invernadero de la emisión.

El modelo creado mediante CDM está concebido como incentivo para los países industriales, para que hagan inversiones en proyectos, en los cuales con comparativamente poco dinero se evitan muchas emisiones nocivas para el clima, así como para posibilitar la financiación necesaria a países en vía de desarrollo que hacen inversiones en tecnologías nuevas ecológicas.

En el marco del programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (UNEP por sus siglas en inglés), se ha elaborado una guía para CDM, accesible en Internet bajo

- <http://www.cd4cdm.org/Publications/FinanceCDMprojectsGuidebook.pdf>

Recolección y recogida, así como transbordo y transporte de residuos urbanos

Introducción al área temática

Los residuos producidos deben ser eliminados atendiendo el objetivo de la jerarquía de residuos, es decir, los residuos no evitados deben ser destinados preferentemente a la recuperación de materiales y energía. Un buen concepto para la gestión de residuos debe incluir siempre también el procesamiento o tratamiento, el almacenamiento, así como todas las medidas necesarias para la recogida y el transporte de los residuos. Para poder satisfacer esta condición es necesario que los residuos sean puestos a disposición en la forma apropiada en el lugar donde se producen. Si por motivos técnicos o económicos no es posible procesar o tratar los residuos recolectados y recogidos en la cercanía de su lugar de producción, se harán necesarios transportes directos hacia las instalaciones de tratamiento y/o depósito, o tras su transbordo en una estación de carga y descarga.

Cada una de las dos etapas, recogida de residuos y transporte de residuos, abarca los siguientes subprocesos:

1. la recogida desde el lugar de su recolección de todos los residuos mixtos provenientes de la industria, empresas comerciales y hogares, así como de la fracción de materiales recogida selectivamente en el lugar de su generación;
2. el transporte de los residuos recogidos hacia las instalaciones de procesamiento, tratamiento y/o depósito, inclusive todos los procesos de carga y descarga para ello requeridos.

La recogida y los transportes de los residuos juegan un papel extremadamente importante para que un sistema de gestión de residuos funcione. Sin embargo, a menudo no se valora su importancia o se les presta muy poca atención. No por último se trata de procesos de mucho trabajo, que en un sistema moderno y de alta eficacia originan entre el 60 y el 80 % de todos los gastos, razón por la cual deben necesariamente estar sujetos a una constante optimización, para de este modo estar en condiciones de implementar realmente una

gestión de residuos a bajo costo. El tipo, el tamaño y la estructura de los recipientes para recolectar los residuos, pero también el ritmo de recogida, influyen de modo esencial sobre la composición de los residuos a tratar, así como sobre la cantidad y calidad de los materiales recogidos selectivamente, constituyendo con ello también factores determinantes para los costos de tratamiento que se originan. Ya la primera etapa, a saber, la recolección y recogida de los residuos, ofrece posibilidades de concepción, de las cuales dependen esencialmente la eficacia de la gestión de residuos y la pregunta, qué flujos de residuos deben ser realmente tratados.

Para una organización y realización eficientes y optimizadas de la recolección de residuos es necesario prestar gran atención sobre todo a los siguientes aspectos:

- ▶ extensión de la zona de recolección,
- ▶ sus datos estructurales, económicos y sociales,
- ▶ las prescripciones legales vigentes,
- ▶ derechos de los usuarios del sistema y
- ▶ el espectro de sistemas y tecnologías de recolección adecuados.

Tanto en este capítulo de resumen de informaciones, como también en la caracterización del marco de aplicación y las explicaciones técnicas complementarias contenidas en las fichas de datos relativas a la „tecnología de recogida y transporte“ se hacen observaciones importantes en lo que respecta a los puntos anteriores.

Recogida de residuos

El proceso de recogida de residuos abarca la etapa que comienza con la puesta a disposición y el llenado de los recipientes de recolección de residuos y termina con la recogida de los residuos por un vehículo recolector o el vaciado de los recipientes de recolección. Por consiguiente, como sistema de recogida de residuos se entiende una combinación de actividades humanas, medidas y procesos técnicos, caracterizados especialmente por:

- ▶ los recipientes¹ utilizados para la recolección de los residuos,
- ▶ los métodos empleados para la puesta a disposición de los recipientes y su vaciado,
- ▶ los vehículos recolectores¹ que se utilizan.

En zonas de asentamiento con una alta diversidad de edificaciones, complejos e instalaciones industriales es casi imposible recoger eficientemente todos los residuos producidos con tan solo un sistema. Por esta razón deben utilizarse diversos sistemas de recolección en forma paralela, cada uno de ellos adaptados a las cantidades y calidades de residuos que se producen, a las condiciones de espacio y a otros requerimientos locales.

A continuación se describen distintos tipos de recolección de residuos y de configuración de su recogida. Los detalles técnicos respecto a los recipientes de recolección, las tecnologías de vehículos y el transporte adecuados se reproducen en las fichas de datos puestas a disposición en forma separada. Las referencias y los enlaces automáticos contenidos en el texto a continuación constituyen el puente entre las explicaciones de carácter general contenidas aquí y las descripciones técnicas específicas de las fichas de datos, facilitando con ello el rápido acceso a ellas.

Organización de la recogida de residuos

La respectiva estructuración de la recogida de residuos determina el tipo de recipientes utilizados para ella, así como la forma de su puesta a disposición y el vaciado. Ella es el resultado de las condiciones específicas dadas en la zona de recolección, de los tipos de residuos allí producidos y de los aspectos logísticos. Básicamente se puede diferenciar entre dos sistemas distintos: el sistema de recogida y el sistema de entrega.

Sistema de recogida

Desechos residuales provenientes de hogares y empresas industriales, residuos que requieren de atención especial (por ej. desechos biológicos y residuos contaminantes) o residuos que representan una carga fuera de lo normal (por ej. problemas de espacio) para el generador de los residuos (por ej. escombros de la construcción y desechos voluminosos) se recolectan y transportan normalmente con el sistema de recogida.

¹ Los recipientes de recolección adecuados, las tecnologías de recogida y el transporte se describen en las fichas de datos indicadas.

Para ello, los recipientes de recolección se ponen a disposición directamente en el lugar donde se producen los residuos. Los generadores de los residuos o el equipo encargado de la eliminación colocan los recipientes llenos al borde de la calle más próximo para su vaciado/recogida. Esa es la razón por la cual la designación alternativa para este procedimiento es recogida callejera.

El vehículo recolector pasa por las calles para vaciar los recipientes sacados a la calle (para escombros de la construcción se emplean en este caso contenedores para escombros o contenedores con ruedas). Cada uno de los puntos de parada para vaciar los contenedores puede designarse también como punto de recolección o recogida. La utilización de recipientes de recolección asignados específicamente al generador de los residuos facilita la orientación durante la recogida; además, mediante el empleo de la tecnología de identificación de recipiente es posible recaudar la tasa de recogida de residuos conforme a su procedencia. Sin embargo, esta forma de recolección requiere de suficiente espacio, tanto en los lugares de colocación de los recipientes como también en los puntos de recogida o al borde de la calle. Este requerimiento ocasiona problemas, particularmente en zonas con alta densidad de edificación; por otro lado, una recogida callejera en regiones poco pobladas conlleva a menudo costos altos, porque puede haber grandes distancias entre los distintos puntos de recolección y con frecuencia se recogen solo cantidades relativamente pequeñas en cada punto de recolección.

Sistema de entrega

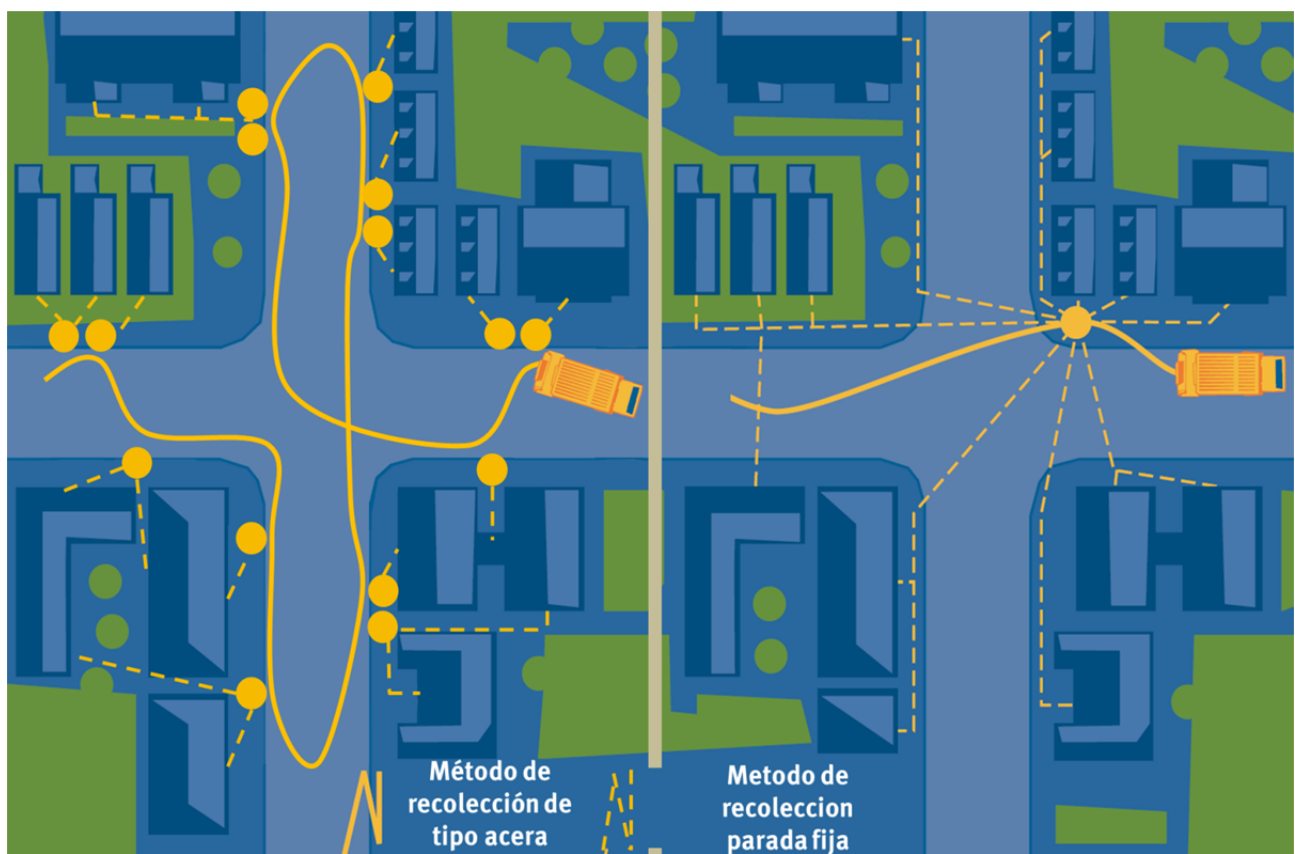
En el sistema de entrega, el generador de los residuos lleva los desechos a recipientes de recolección puestos a disposición en lugares ubicados en puntos centrales. En este sistema de recolección, una gran cantidad de generadores de residuos utiliza en forma conjunta los contenedores instalados. Por eso es usual el empleo de contenedores de residuos estacionarios de grandes dimensiones, como por ej. del tipo contenedor de depósito. Estos contenedores deben ser vaciados periódicamente en dependencia del grado de utilización o cuando sea necesario. No obstante, contrario a la recogida callejera, los vehículos de recogida no tienen que pasar por todas las calles para vaciar los contenedores, sino que deben acudir a una cantidad considerablemente menor de puntos de recolección, los

que además están ubicados en forma central. El uso de este sistema de recolección constituye una buena solución, además de bastante rentable, especialmente en zonas densamente pobladas y para residuos recogidos selectivamente ya en el hogar, en particular materiales secos. A fin de maximizar la aceptación y la intensidad de uso de los puntos de recolección por parte del público, a la hora de ubicar los contenedores y de determinar los horarios de recogida es necesario fijar atención especial en las condiciones locales dadas. Aspectos importantes en este sentido son los períodos de reposo, la estética visual y la distribución uniforme. Puntos de recolección prometedores de éxito son perceptibles desde lejos y se encuentran en lugares

altamente frecuentados por la población, por ej. en las cercanías inmediatas de centros comerciales o en áreas de estacionamiento grandes. También la limpieza periódica de los lugares de emplazamiento requiere de gran atención.

Un componente especial dentro de un sistema de entrega son puntos públicos de devolución o centros de recolección de materias reciclables. Se trata en este caso de puntos de recolección supervisados para distintos materiales residuales, sobre todo reciclables, generados en hogares particulares. Los productores de residuos pueden entregar aquí determinados residuos sin cargo alguno, pero para otros tipos de desechos, la entrega puede estar también

Figura 1: Croquis esquemático de comparación entre el sistema de recogida y de entrega para la recolección de residuos



sujeta a costes. Es recomendable organizar una recepción gratuita en particular para materiales fácilmente reciclables, y llevarla a cabo cuando los gastos de explotación para estos puntos de devolución ya están incluidos en la carga general de residuos. En todo

caso, la utilización de tales instalaciones debe darle a los generadores de desechos la posibilidad de reducir su carga de residuos mediante la separación selectiva de sus residuos domésticos y la devolución sistemática de materiales.

Recogida de residuos y transporte

Por lo general, con la recolección de materiales mediante puntos públicos de devolución o centros de recolección de materias reciclables se obtiene, dado a la supervisión, una mejor calidad de recogida y pureza de los respectivos materiales, permitiendo con ello un reciclado de mayor calidad, así como mayores ingresos por venta. Esto se puede demostrar muy claramente con el ejemplo del papel reciclable (véase Cuadro 1).

Cuadro 1: Diferencias con respecto a los costos de recogida y la calidad de recogida obtenida para papel gráfico reciclable en dependencia del sistema de recolección empleado (datos de ejemplo de Alemania, INTECUS GmbH, actualizados al 2005)

Sistema de recolección	Sistema de recogida Contenedor selectivo	Sistema de entrega Contenedor de depósito	Centro de recolección de materiales reciclables
Costos de recogida	~100 €/Mg	~70 €/Mg	~110 €/Mg
Porcentaje de materias no deseadas en el papel reciclable recogido	~ 18 % (de ellos 2 % de materias no papel)	~ 3.5 % (de ellos 0,4 % de materias no papel)	~ 0.5 % (de ellos 0,1 % de materias no papel)

Los ingresos más altos obtenidos por la venta del material recolectado como variedades / calidades superiores compensan (al menos en parte) los mayores gastos para el acondicionamiento y el funcionamiento de los puntos públicos de devolución o centros de recolección de materias reciclables. Al mismo tiempo, estas instalaciones pueden servir también para recibir sustancias especialmente nocivas para el medio ambiente, tales como baterías / pilas / acumuladores, pinturas viejas / restos de pintura, chatarra electrónica y otras, apoyando con ello su eliminación controlada. Además, los puntos públicos de devolución o centros de recolección de materias reciclables pueden ser integrados fácilmente en programas sociales y servicios de beneficencia. De este modo, mediante trabajos de reparación y procesamiento o un reciclado directo de los materiales recolectados en los puntos de recogida es posible ofrecerles ocupación a discapacitados, desempleados y a grupos de personas socialmente desfavorecidos, ocupación que puede ser financiada íntegramente o al menos en parte con la venta de los productos. Buenos ejemplos para ello son el procesamiento y la obtención de repuestos en aparatos electrónicos viejos o el acondicionamiento de muebles

viejos, que pueden ser revendidos en tiendas de artículos de segunda mano.

Organización de la recogida

En principio se puede diferenciar entre tres métodos para la recogida de los residuos:

- ▶ Sistema de descarga (el recipiente de recolección lleno se vacía, pero queda en el mismo lugar),
- ▶ Vaciado con intercambio (el recipiente de recolección lleno se intercambia por uno vacío),
- ▶ Sistema de un solo uso (el recipiente de recolección lleno [saco] se recoge y elimina).

Adicionalmente a estos sistemas, para determinados tipos de residuos es posible también una recolección y recogida sin sistema. En este caso, residuos que se producen en forma irregular y que además son difíciles de recolectar en los tipos de recipientes usuales, se recolectan en forma suelta y recogen a pedido. A menudo se trata de residuos tales como muebles viejos, aparatos domésticos viejos y aparatos electrónicos usados, productos que contienen sustancias nocivas.

Para cada uno de los métodos de recolección y recogida nombrados existen los correspondientes sistemas de recipientes compatibles e incluso sistemas previstos especialmente para ello [fichas de datos Recolección], así como vehículos de recogida y transporte [fichas de datos Recogida de residuos y transporte] con los dispositivos de carga adecuados y arreglos para sus operarios.

Vaciado simple o sistema de descarga

Este método se aplica en particular para la recogida de residuos domésticos y cantidades pequeñas de residuos generados en empresas industriales, para lo cual, por lo general, se emplean recipientes estandarizados. El contenido del recipiente se vacía en la superestructura del vehículo recolector con ayuda de una tecnología de carga hidráulica y el recipiente vacío se coloca de nuevo en su lugar inicial para su relleno. Para ello se pueden emplear distintos vehículos recolectores. Si se utilizan recipientes móviles con una capacidad de hasta aprox. 1,5 m³, camiones con cargador trasero, camiones de carga frontal y también vehículos de carga lateral son posibles variantes. Para vaciar sistemas de contenedores de depósito, los vehículos más apropiados son aquellos con superestructuras para contenedores de cadena abiertos.

Vaciado con intercambio

Este método se apropia especialmente para la

Recogida de residuos y transporte

recogida de residuos de alta densidad, como por ej. residuos de obra, o también cuando se producen residuos menos compactados en forma concentrada en cantidades mayores, por ej. en empresas industriales, complejos hoteleros etc. El intercambio de los recipientes llenos por vacíos se efectúa directamente en el lugar de su ubicación. El vehículo recolector trae el recipiente vacío y lleva el recipiente lleno, tras el intercambio, a la planta de tratamiento y/o eliminación de residuos. Por razones económicas, en este caso se emplean sobre todo recipientes grandes y contenedores de gran capacidad, por ej. contenedores de cadena y contenedores de gancho, cuya recogida se realiza con vehículos que disponen para ello de las superestructuras y de los dispositivos de carga adecuados.

Sistema de un solo uso

En este método, los residuos recolectados se transportan en forma suelta o en recipientes, los que juntos con el residuo se llevan a un procesamiento posterior o a la eliminación. Se trata de recipientes sencillos de bajo costo, como por ej. sacos o los así llamados Big Bags, que no ejercen influencia negativa sobre el proceso de procesamiento posterior, que dado el caso incluso pueden ser reciclados / aprovechados también y que ayudan particularmente a una recolección muy rentable. Esta alta rentabilidad se basa, entre otros, en el hecho de que no es necesario adquirir, vaciar, devolver ni limpiar recipientes sólidos. No obstante, las desventajas consisten en la a menudo mayor cantidad de personal requerido para la recogida y las cantidades más bien pequeñas que se pueden recoger por recipiente. Vehículos de carga lateral y vehículos con superestructuras para contenedores de cadena abiertos son tecnologías de recogida apropiadas.

Recolección y recogida sin sistema y otras formas especiales

En el caso de la recolección sin sistema, los residuos se ponen a disposición para su transporte, en dependencia del tipo del residuo, en forma suelta o en distintos recipientes. En consecuencia, se utilizan vehículos de distintos tipos para la recogida. Puede tratarse de vehículos de carga lateral, pero también de vehículos con semirremolque y piso móvil, superestructura para contenedores de cadena o cargadores-volcadores o camiones de plataformas sencillos.

Otra forma especial, eso sí, que requiere de mayores inversiones, en la cual por así decirlo la recogida y el transporte de los residuos están reunidos en un paso, son

los sistemas de aspiración o vacío, que en la actualidad se emplean sobre todo en zonas altamente urbanizadas y densamente pobladas, o también en aquellos lugares, donde existen requerimientos especiales a la estética visual o donde la eliminación de los residuos debe efectuarse lo más rápido posible (por ej. a fin de evitar riesgos higiénicos). Con esta forma de proceder se suprime el depósito intermedio de los residuos (en recipientes) en el lugar donde se producen.

Transporte de los residuos

Tras la recogida de los residuos, estos deben ser llevados a las correspondientes instalaciones de tratamiento o eliminación. Para ello pueden hacerse necesarios transportes a corta o larga distancia. A consecuencia de la tendencia de trasladar el tratamiento de los residuos a lugares centrales, los transportes a larga distancia y los procesos de carga y descarga cobran cada vez más importancia.

Para distancias de transporte cortas se recomienda utilizar los mismos vehículos, con los cuales se han recogido los residuos desde los puntos de recolección [fichas de datos Recogida de residuos y transporte]. Por el contrario, emplear estos vehículos para transportes a larga distancia no es económico, porque se trata de vehículos concebidos especialmente para procesos de recogida, ostentando por lo tanto capacidades de carga bajas, teniendo en cambio personal adicional a bordo.

Los transportes a larga distancia se realizan sobre todo en aquellos casos, en los cuales las posibilidades de tratamiento adecuadas están dadas solo a una distancia mayor y otras opciones quedan económicamente excluidas. Entran en consideración distintas tecnologías de transporte, incluyendo los sistemas de contenedores [véase fichas de datos „Contenedor de cadena“, „Contenedor de gancho“, „Contenedor intercambiable“] y la técnica de vehículos [véase ficha de datos „Transportador de piso móvil“] apropiados para ello. Bajo determinadas circunstancias, esto implica también un transbordo en estaciones de transferencia de los residuos desde el vehículo de recogida. A fin de garantizar un proceso rentable, los costos vinculados a ello deben ser en la suma inferiores al transporte directo de los residuos en los vehículos recolectores.

Las diferencias en el transporte de residuos se dan sobre todo en relación con

- ▶ el tipo del medio de transporte empleado, es decir, vehículo, tren, barco;

Recogida de residuos y transporte

- ▶ el tipo del sistema de contenedores o de la superestructura de vehículo utilizados, es decir, abierta o cerrada, intercambiable o fijo;
- ▶ el estado del residuo al transportar, es decir, suelto o comprimido/compactado.

Para construir las estaciones de carga y descarga es necesario tomar en consideración estos puntos.

Transporte en vehículos, tren o barco

Los transportes de residuos requieren de la existencia de una amplia red de carreteras y vías de transporte entre los lugares de la generación de los residuos y las instalaciones de tratamiento o depósito. Ya durante la planificación de instalaciones de eliminación es importante tomar en cuenta el aspecto de la infraestructura de vías de transporte disponibles. No habiendo una buena infraestructura de carreteras, deben tomarse también en consideración vías ferroviarias y vías fluviales navegables como posibles rutas de transporte, para lo cual, sin embargo, cabe tomar en cuenta los gastos adicionales por procesos de carga y descarga. En el caso de soluciones de ese tipo se habla de transportes combinados.

Otras desventajas de los transportes combinados son, aparte de los gastos adicionales por procesos de carga y descarga, la relativamente poca flexibilidad en caso de que las condiciones cambien, así como las cantidades de residuos relativamente altas que se requieren para un transporte eficiente desde el punto de vista económico. Además, los transportes por barco pueden verse afectados por restricciones de larga duración, tales como inundaciones, hielo, etc., de lo cual se desprende la necesidad de planificar y de mantener a disposición capacidades adicionales de almacenaje intermedio. Asimismo, la realización de transportes en barco o tren requiere de empresas con experiencia versadas en la problemática de la logística del transporte de residuos y que estén en condiciones de organizar íntegramente la cadena de transporte, poniendo a disposición las capacidades respectivamente necesarias.

En comparación con el transporte por carretera, las ventajas de los transportes en barco o tren consisten en una capacidad de carga significativamente mayor por medio de transporte empleado (carga máxima: camión 25 t, ferrocarril aprox. 1.000 t, barco de navegación fluvial 500 hasta 3.000 t), y con ello en una contaminación por emisiones considerablemente menor, menor consumo de energía y mayor seguridad durante el transporte. En las tres variantes de transporte, es

relativamente fácil adaptar las cantidades de residuos a transportar. Sin embargo, ha de considerarse que en caso de requerirse transportes a corto plazo pueden surgir dificultades de disposición de las capacidades de transporte y transbordo en todas las variantes.

Ponderando todas las ventajas y desventajas de las respectivas variantes, el transporte por carretera sigue siendo la solución más adecuada para transportes de residuos. Las otras dos posibilidades se convierten interesantes cuando deben trasladarse cantidades muy grandes de residuos por largos tramos y el lugar donde se generan y la instalación de tratamiento se encuentran directamente a orillas de vía fluviales o ferroviarias.

Transportes en superestructuras fijas

Los transportes de residuos en vehículos para trayectos largos con superestructuras fijas comienzan con la carga del residuo en la superestructura abierta del vehículo con ayuda de tecnología de carga, como por ej. cargadora sobre ruedas, cucharas o rampas de descarga en estaciones de transferencia. Para el transporte de residuos comprimidos se apropian sobre todo camiones semirremolque con superestructura cerrada y robusta. En la estación de carga y descarga, los residuos se cargan en la mayoría de los casos en forma suelta a la superestructura, donde se compactan con ayuda de compactadores estacionarios o dispositivos de compactación propios del vehículo.

Para el transporte de residuos no compactados se emplean igualmente camiones semirremolque, sin embargo, con una superestructura abierta por arriba. Estas superestructuras pueden ser vaciadas con un mecanismo volcador integrado, o ellas disponen para ello de un sistema de piso móvil. Los transportes en superestructuras abiertas son usuales también en barco o ferrocarril, especialmente para transportar desechos minerales o residuos voluminosos.

Transporte en construcciones intercambiables

Superestructuras intercambiables y superestructuras contenedoras desmontables son las soluciones de transportes preferidas en las tres variantes de transporte, en particular también para evitar más gastos energéticos en los procesos de transbordo. La ventaja del método consiste claramente en el sencillo intercambio de los recipientes de transporte como único paso de transbordo necesario. En una serie de tecnologías, para ello no se requiere ni siquiera de dispositivos auxiliares, como por ej. instalaciones de grúa. En este caso, ya la estructura misma del vehículo permite el intercambio de las

Recogida de residuos y transporte

superestructuras. De este modo se pueden reducir a un mínimo las emisiones y el consumo de energía, lo que repercute positivamente a la hora de obtener la autorización para estaciones de carga y descarga. A fin de poder aprovechar esta ventaja durante la recogida, ya al entregar los residuos al medio de transporte para largo trayecto, se utilizan cada vez más vehículos recolectores con superestructuras intercambiables.

Para materiales recogidos en forma selectiva, tales como papel y vidrio reciclable, los que normalmente llegan sin comprimir a la recogida, para el transporte a larga distancia se apropian especialmente contenedores de cadena abiertos por arriba.

Por otra parte, desarrollos más recientes en la tecnología de vehículos recolectores permiten ya hoy en día equipar estos vehículos con contenedores intercambiables cerrados dotados de un dispositivo compactador integrado. Tracto-camiones modernos están en condiciones de portar hasta tres contenedores intercambiables a la vez y pueden además efectuar el intercambio del contenedor sin técnica auxiliar adicional. También vagones de tren están a disposición en el mismo diseño, al igual que es posible transportar contenedores intercambiables en barco. No obstante, en los dos últimos casos se necesita a menudo de la ayuda

de la técnica de grúas para el proceso de carga y descarga.

Nota: Descripciones detalladas de las tecnologías y los equipos mencionados en el texto se encuentran en los capítulos alistados a continuación.

Cuadro 2: Resumen de las tecnologías y los equipos tratados también en otras secciones informativas y en las fichas de datos

Sección	Ficha de datos
Recolección	<u>Contenedor de gancho</u> <u>Contenedor de cadena</u> <u>Recipiente de recolección móvil</u> <u>Contenedor de depósito</u> <u>Sacos y bolsas de residuos</u> <u>Big Bag</u>
Recogida	<u>Recolector de carga trasera</u> <u>Recolector de carga frontal</u> <u>Recolector de carga lateral</u> <u>Sistema de aspiración</u> <u>Identificación de recipientes</u>
Transbordo y transporte	<u>Sistema de piso móvil</u> <u>Contenedor intercambiable</u> <u>Estación de transferencia</u>

CONTENEDOR DE GANCHO

FUNCIÓN, OBJETIVO: - Facilitar la recogida, almacenamiento y transporte de diferentes tipos de residuos.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel /Cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	X
Chatarra	X	Maderas	X	Construcción/demolición	X
Aceites usados		Pinturas/ barnices		Neumáticos usados	X
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Todos los tipos de residuos sólidos comerciales e industriales producidos en gran medida, en pequeñas áreas y en un corto período de tiempo.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

No necesarios, en la medida en que no se excedan en tamaño. De lo contrario, es necesario realizar una reducción de volumen.

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Ilimitadas, no dependen del tipo de contenedor utilizado

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Los contenedores de gancho son útiles en zonas con suficiente espacio y posibilidad de acceso del vehículo recolector. Son muy adecuados para ser utilizados en puntos de colocación de residuos donde se depositan en gran cantidad residuos de zonas urbanas densas o residuos voluminosos, como dispositivos de uso doméstico, muebles viejos, etc.

La superficie donde se colocará el contenedor debe ser debidamente preparada. Ya sea compactada o pavimentada de manera que cuando los contenedores estén llenos no se hundan. Y para una adecuada manipulación de los contenedores, la superficie no debe superar una inclinación de un 5 %

Condiciones climáticas:

Sin restricciones. Hay posibilidad de congelamiento en el piso en climas muy fríos, o de hundimiento en suelos blandos y con exceso de lluvia.

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN

El sistema de contenedores de gancho es uno de los más utilizados para la recolección y transporte de residuos debido a la forma en que se recoge el contenedor y se lo fija en el vehículo recolector (DIN 30 722). Es el tipo más simple y más utilizado cuando se trata de un sistema de recolección y transporte donde se intercambian los contenedores (Es decir, donde un contenedor lleno se cambia por uno vacío y es transportado a la planta de tratamiento). Para el transporte de los contenedores de gancho se pueden utilizar remolques además de los vehículos especiales. Existen varias versiones. Entre otras se puede destacar el buen desempeño de los contenedores de gancho en sistemas de recolección en los cuales hay un punto comunitario donde depositar los residuos voluminosos, de alta densidad o baja compresibilidad (vidrio, papel gráfico). Usualmente, para este propósito, se utilizan contenedores con varios compartimentos que permiten la recolección de diferentes tipos de residuos en un mismo contenedor.

REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Se necesita un área plana y accesible lo suficientemente grande donde quepan el contenedor y el vehículo de transporte con el adecuado sistema de agarre y fijación de los contenedores.
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para diferentes etapas del manejo de los residuos. En especial, para el transporte pero también para la recolección y el almacenamiento temporal de residuos. - Muchas posibilidades para transportar diferentes tipos de elementos - Varias formas compatibles, intercambiabilidad de los contenedores - Buen precio debido a la alta estandarización del contenedor
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - No es posible realizar compactación de los residuos, excepto en versiones especiales. - Existen soluciones mas adecuadas para los casos de transportes de larga distancia. (Ver hoja informativa: “sistema piso móvil”)
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>La figura 1 muestra algunos tipos de contenedores de gancho que se utilizan para la recolección de residuos. La figura de la derecha muestra una variante especial del sistema con varios compartimentos donde las diferentes aberturas facilitan la recolección de diferentes materiales (vidrio, papeles y cartones)</p> <p>Figure 1: Contenedores de gancho en un centro de reciclaje (izquierda) y contenedor de gancho con varios compartimentos (derecha) (Fuente de imagen izq.: Harald Heinritz, www.abfallbild.de / Fuente imagen der.: Intecus GmbH)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>En las siguientes imágenes se muestra la carga y descarga de los contenedores de gancho. Los residuos son recogidos y transportados a una planta de tratamiento o a una estación de transferencia. Existen muchas versiones de contenedores que pueden incluir la compactación de los residuos, versiones con paredes laterales y traseras abatibles, versiones para descomposición con sistemas de ventilación y más.</p> <p>Figura 2: Carga y descarga de los contenedores de gancho (Fuente imagen der.: Intecus GmbH/ fuente imagen izq.: Harald Heinritz, www.abfallbild.de)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

CAPACIDAD DE CARGA	La capacidad de carga esta limitada por la capacidad máxima del vehículo y el diseño del contenedor (carga admisible)
ALCANCE	La capacidad volumétrica de los contenedores de gancho varía entre 5 y 40 m ³ . La longitud varía entre 4.400 y 7.800 mm con un ancho típico de 2.320 mm. La altura del contenedor depende del diseño; En la versión básica la altura varía entre 500 a 2.500 mm. El peso de los contenedores también depende de la versión (liviano, estable o pesado) y de su uso pero este va desde los 1.300 a los 1.570 kg. La altura del gancho de agarre es 1.570 mm como establece la norma DIN 30 722
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	<p>Es posible unir contenedores especiales a diferentes unidades de compactación o permitir la integración de un sistema de compactación interno para incrementar la capacidad carga del contenedor. Por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de compactación estacionaria - Sistemas de compactación móvil a bordo de el vehículo de transporte - Sistemas de compactación integrados <p>Los contenedores de gancho también pueden ser transportados por vías ferroviarias, estos tienen un certificado especial (ACTS). Además, se ofrecen basculas especiales para el vaciado de dos o cuatro contenedores de residuos con ruedas en el contenedor móvil (ver hoja informativa: "Contenedor de Residuos móvil")</p>
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
RECURSOS HUMANOS	Se necesita un conductor de el vehículo que ejecute también todas las operaciones necesarias. Por ejemplo, la carga y descarga del contenedor
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	El vehículo de transporte necesita tener un equipo de gancho portac contenedor. Si el contenedor posee un sistema de compactación integrado el vehículo necesitará de una conexión de corriente eléctrica adecuada
ESPACIO REQUERIDO	Un contenedor de gancho necesita un espacio de 4.400 (max. 7.800 mm) x 2.320mm, dependiendo de la versión. Se necesita espacio adicional para facilitar el acceso del vehículo transportador y para colocar, temporalmente, un contenedor a intercambiar. Se necesita un área plana y sólida con una inclinación máxima de 5% para colocar y recoger un contenedor de gancho.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Camión con equipo de gancho portac contenedor (3 ejes, 20 Tn de capacidad de carga): ~ 90.000–130.000 Euro - Contenedor (versión básica): ~ 3.500–7.000 Euro
COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento y reparación: 11 % de la inversión inicial - Salario del personal: 1 persona (2 máximo, dependiendo en el modo de operación)
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	Los sistemas de contenedores de gancho son ampliamente aplicados y reconocidos en todo el mundo para la recolección y el transporte de residuos.

<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p><u>Camiones (con sistema de gancho portacontenedores):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - F.X. Meiller Fahrzeug- und Maschinenfabrik GmbH & Co KG, München www.meiller.com - Hüffermann Nutzfahrzeuge GmbH, Wildeshausen, www.hueffermann.de - PALFINGER GmbH, Ainring, www.palfinger.de <p><u>Contenedores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Laudon GmbH & Co. KG, Weilerswist www.laudon.de - Werner & Weber Deutschland GmbH, Oberhausen, www.werner-weber.com <p><u>Sistemas de compactación:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Avermann Maschinenfabrik GmbH, Osnabrück www.avermann.de - Husmann Umwelttechnik GmbH, Dörpen www.recycling-umwelt-technik.de
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<p><u>Referencia de las normas aplicadas en alemania:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN 30722- partes 1 hasta 4: Equipos y camiones para sistemas de gancho - DIN 30730: Equipos de compactación móviles – Camiones con enganches de cadena y sistemas de gancho 	

CONTENEDOR DE CADENA

FUNCIÓN, OBJETIVO: - Facilitar la recogida, almacenamiento y transporte de diferentes tipos de residuos.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel/cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	X
Chatarra	X	Maderas	X	Construcción y demolición	X
Aceites usados		Pinturas / Barnices		Neumáticos usados	X
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Todos los tipos de residuos sólidos comerciales e industriales producidos en gran medida, en pequeñas áreas y en un corto período de tiempo.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

No necesarios, en la medida en que no se excedan en tamaño. De lo contrario, es necesario realizar una reducción de volumen.

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Ilimitadas, no dependen del tipo de contenedor utilizado

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Los contenedores de cadena son útiles en zonas con suficiente espacio y posibilidad de acceso del vehículo recolector. Son muy adecuados para ser utilizados en puntos de colocación de residuos donde se depositan en gran cantidad residuos de zonas urbanas densas o residuos voluminosos, como dispositivos de uso doméstico, muebles viejos, etc.

La superficie donde se colocará el contenedor debe ser debidamente preparada. Ya sea compactada o pavimentada de manera que cuando los contenedores estén llenos no se hundan. Y para una adecuada manipulación de los contenedores, la superficie no debe superar una inclinación de un 5 %

Condiciones climáticas:

Sin restricciones. Hay posibilidad de congelamiento en el piso en climas muy fríos, o de hundimiento en suelos blandos y con exceso de lluvia.

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN El sistema de contenedores de cadena es uno de los mas utilizados para la recolección y transporte de residuos debido a la forma en que se recoge el contenedor y se lo fija en el vehículo recolector (DIN 30 720). Análogo al sistema de contenedores de gancho (Ver hoja informativa: "[Contenedor de gancho](#)") este es un modelo de contenedores muy simple y ampliamente utilizado para la recolección y el transporte ,de una sola vez, de grandes cantidades de residuos en un sistema de intercambio de contenedores (Es decir, donde un contenedor lleno se cambia por uno vacío y es transportado a la planta de tratamiento). Para el transporte de los contenedores de cadena se pueden utilizar remolques además de los vehículos especiales. Por lo general, se cargan des de el mismo camión.

<p>REQUISITOS BÁSICOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se necesita un área plana y accesible lo suficientemente grande donde quepan el contenedor y el vehículo de transporte con el adecuado sistema de enganche de cadenas y de fijación de los contenedores.
<p>VENTAJAS PARTICULARES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Adecuado para diferentes etapas del manejo de los residuos. En especial, para el transporte pero también para la recolección y el almacenamiento temporal de residuos - Muchas posibilidades para transportar diferentes tipos de elementos - Varias formas compatibles, intercambiabilidad de los contenedores - Buen precio debido a la alta estandarización del contenedor
<p>DESVENTAJAS PARTICULARES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No es posible realizar compactación de los residuos, excepto en versiones especiales. - Existen soluciones mas adecuadas para los casos de transportes de larga distancia. (Ver hoja informativa: “<u>sistema piso móvil</u>”)
<p>DETALLES DE USO</p>	
<p>DESCRIPCIÓN TÉCNICA</p>	<p>Figura 1: Contenedores de cadena apilados (izquierda) y proceso de carga de un contenedor (derecha) (Fuente imágenes: Intecus GmbH)</p>  <p>Existen diferentes variaciones de los contenedores. Estas pueden ser con dispositivos de vuelco y de compactación móviles, versiones apilables y versiones con paredes laterales y traseras abatibles, entre otras.</p> <p>Figura 2: Contenedores de cadena para la recolección diferenciada de distintos tipos de residuos. (Fuente imágenes: Petra Hoefß, FABION Markt + Medien, www.abfallbild.de)</p> 
<p>CAPACIDAD DE CARGA</p>	<p>La capacidad de carga esta limitada por la capacidad máxima del vehículo y el diseño del contenedor (carga admisible)</p>
<p>ALCANCE</p>	<p>La capacidad de los contenedores de cadena, según las normas DIN, van de 5 a 20 m³, aunque también existen otros tamaños. El largo varía entre 1.500 y 4.800 mm y el ancho es , generalmente, 1.520 mm. La altura del contenedor depende de la versión; la versión básica tiene una altura de 1.500 mm. El peso del contenedor depende de su diseño y de su uso. Este varía entre 300kg y 1500kg.</p>

PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
RECURSOS HUMANOS	Se necesita 1 persona para conducir el vehículo y realizar todas las operaciones necesarias. Por ejemplo, la carga y descarga del contenedor.
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	El vehículo de transporte necesita tener un equipo porta-contenedores de cadenas. Si el contenedor posee un sistema de compactación integrado el vehículo necesitará de una conexión de corriente eléctrica adecuada
ESPACIO REQUERIDO	El espacio que necesita un contenedor de cadena depende del modelo pero como mínimo se necesita un espacio de 3.000 x 1.900 mm. También, se necesita espacio adicional para permitir acceso al vehículo y para colocar, temporalmente, el contenedor vacío a intercambiar.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	- 1 Camión (3 ejes, 13 Tn carga admisible): ~ 75.000–120.000 Euro - Contenedor (version básica): ~ 1.500–3.500 Euro
COSTOS DE OPERACIÓN	- Mantenimiento y reparación: 11 % de la inversión inicial - Salario del personal: 1 persona
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	Los sistemas de contenedores de cadena son técnicas confiables y ampliamente aceptadas en todo el mundo para la recolección y el transporte de residuos.
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	<p><u>Camiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - F.X. Meiller Fahrzeug- und Maschinenfabrik GmbH & Co KG, München www.meiller.com - PALFINGER GmbH, Ainring, www.palfinger.de <p><u>Contenedores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Laudon GmbH & Co. KG, Weilerswist www.laudon.de - Sirch GmbH & Co. KG, Kaufbeuren-Neugablonz www.sirch.com - Werner & Weber Deutschland GmbH, Oberhausen, www.werner-weber.com - Husmann Umwelttechnik GmbH, Dörpen www.recycling-umwelt-technik.de
<i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<p><u>Referencias de las normas aplicadas en Alemania:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN 30720-1 y -2: Contenedores para vehículos con enganche de cadena - DIN 30723-1 y -2: Equipos y camiones para sistemas de enganche con cadenas - DIN 30730: Equipos de compactación móviles – Camiones con enganches de cadena y sistemas de gancho - DIN 30735: Contenedores con un ancho máximo de 1.520 mm para vehículos con sistema de enganche de cadenas 	

CONTENEDOR DE RESIDUOS MÓVIL (CRM)

FUNCIÓN, OBJETIVO : - Recolección de residuos sólidos municipales y ciertos residuos comerciales/industriales producidos en pequeñas cantidades

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel/cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción y demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Todos los residuos sólidos no peligrosos que son continuamente generados por una fuente específica en pequeñas cantidades.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Generalmente, no es necesario pero cuando las dimensiones de los residuos son muy grandes es necesario reducir su volumen

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Ilimitadas, no dependen del tipo de contenedor utilizado

Medidas de protección:

Para minimizar el riesgo de accidentes, las versiones de contenedores con 4 ruedas deben ser equipadas con frenos que bloqueen el giro de sus ruedas ,y así, eviten que el contenedor se desplace en superficies inclinadas. Las tapas de los contenedores deben ser diseñadas para poder ser abiertas desde el interior. Solo contenedores libres de daños y grietas deben ser utilizados para evitar rupturas repentinas de los mismos durante su utilización. No deben usarse contenedores de plástico en áreas donde probablemente se desechen cenizas calientes. Aperturas con formas especiales pueden ser colocadas en la parte superior del contenedor para garantizar que no se desechen otros residuos que para los que fue destinado el contenedor.

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Los contenedores de residuos móviles deben ser colocados en superficies aptas que eviten su hundimiento. También deben ser colocados en lugares que permitan trasladarlos a el punto de recogida a través de suelos planos.

Condiciones climáticas:

En general no hay limitaciones. Salvo, la posibilidad de que ,con bajas temperaturas, el contenedor se congele y la tapa no pueda abrirse o de que el contenedor no pueda desplazarse por un tiempo. En el caso de que haya una gran proporción de residuos orgánicos, por razones de higiene debe realizarse un vaciado regular. Especialmente en lugares donde se superan los 20°C regularmente

DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	El sistema de contenedores de residuos móviles es el más utilizado en Europa para la recolección de residuos domésticos. Hay modelos de contenedores de 2 ruedas con un volumen interno de 80–390 litros y modelos de 4 ruedas con un volumen interno de 500-5000 litros. Los contenedores móviles son especialmente efectivos para sistemas de recolección con el método de acera. Donde el personal recolector tiene acceso al contenedor y recarga el vehículo recolector (Ver hoja informativa: “ <u>camión recolector carga trasera</u> ” y “ <u>camión recolector carga lateral</u> ”) con el contenido del contenedor móvil y ,luego, coloca el contenedor móvil vacío en su lugar original para su reutilización.
REQUISITOS BÁSICOS	- Para recolectar los residuos de estos contenedores, generalmente, es necesario un vehículo recolector con un adecuado dispositivo de levantamiento (sistema de elevación tipo peine o sistema tipo diamond) y con mecanismos de compactación.
VENTAJAS PARTICULARES	- Diferentes posibilidades para recolectar distintos tipos de residuos domésticos. - Fácil de manipular. Es posible moverlos manualmente - Varios colores disponibles que permiten una fácil diferenciación de los residuos recolectados en cada contenedor. - Precios razonables debido a la alta estandarización del producto - Hay versiones especiales que permiten darles diferentes usos. Por ejemplo, la recolección de residuos orgánicos.
DESVENTAJAS PARTICULARES	- No es posible la compactación de su contenido. Excepto, para algunas versiones especiales para el sector comercial. - Riesgo de incendios. - Posibles problemas de vaciado por congelamiento de los residuos húmedos dentro del contenedor con bajas temperaturas. - Una mala distribución puede resultar en un número excesivo de pequeños contenedores que deriven en una recolección ineficiente.
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Figura 3: Contenedores de residuos móviles de plástico para residuos domésticos (derecha), para papeles (medio) y para residuos orgánicos (izquierda) (Fuente de imágenes der./medio: Intecus GmbH, fuente imagen izq.: Harald Heinritz, www.abfallbild.de)</p>  <p>Otros modelos especiales pueden ser de acero galvanizado, tapa redonda o plana con sistemas de ventilación para residuos orgánicos. Los contenedores de residuos móviles de 4 ruedas cuentan con un freno en las ruedas por motivos de seguridad. También, hay disponibles modelos que permiten poner llave a la tapa para evitar el uso ilegal de los contenedores.</p>

Figura 4: Contenedores de residuos móviles (1.100 l) con sistemas de frenos (izq.), Contenedores con sistemas de seguridad en la tapa (derecha) (Fuente de imágenes: Harald Heinritz, www.abfallbild.de)



ASPECTOS CUANTITATIVOS	Dependiendo del área de recolección, del material a recolectar, el vehículo y el tipo de contenedor utilizado, alrededor de 250 y 900 contenedores de residuos móviles pueden ser vaciados por un equipo de recolección en una jornada ordinaria.
ALCANCE	Los contenedores de residuos móviles son adecuados para colocar en todo tipo de edificios. Los tipos más comunes de contenedores móviles tienen un tamaño de 80 a 390 litros (versión de 2 ruedas) o de 500 a 5.000 litros (versión 4 ruedas). Para poder ser levantados por los aparatos de levantamiento estandarizados en Europa, los contenedores deben tener un receptor de peine. Existe un sistema de recogida, que casi no se utiliza, llamada tipo diamond y se utiliza en vehículos recolectores de carga frontal y carga lateral. Contenedores de plástico no deberían ser utilizados en áreas donde se desechan residuos que puedan facilitar un incendio.
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	<p>Para el vaciamiento de los contenedores de residuos móviles siempre se requiere de un vehículo recolector con los dispositivos de levantamiento adecuados. Para el vaciamiento de los contenedores de residuos móviles se ofrecen los siguientes sistemas de levantamiento en el mercado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mecanismo de levantamiento unilateral o mecanismo de levantamiento bilateral para contenedores de 2 ruedas solamente. - Mecanismo de levantamiento para contenedores de hasta 1.100 litros de 2 o 4 ruedas. - Mecanismo de levantamiento para contenedores de 1.100 a 5.000 litros.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
RECURSOS HUMANOS	El vaciamiento de los contenedores de residuos móviles es llevado a cabo, por un camión recolector, usualmente del tipo de carga trasera (ver hoja informativa: " camión de carga trasera ") y un equipo de personas formado por el conductor y de 1 a 4 cargadores. En situaciones óptimas el vaciado puede llevarse por un equipo de 2 personas. El conductor y un cargador. En zonas de baja densidad de contenedores es común la utilización de camiones de carga lateral (ver hoja informativa: " camiones de carga lateral ") o de carga frontal (ver hoja informativa: " camiones de carga frontal "). En estos casos, el vaciado del contenedor puede ser realizado por el conductor del camión recolector.
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	Para el vaciado de los contenedores es necesario contar con un vehículo recolector que cuente con sistema de levantamiento adecuado. (Ver hoja informativa: " Camión de carga lateral " " Camión de carga frontal " y " camión de carga trasera ")
ESPACIO REQUERIDO	El espacio requerido para la colocación de un contenedor de 80 a 240 litros es pequeño. Para los contenedores de 4 ruedas (por ej. 1.100 litros) es importante considerar un espacio que permita su cómoda manipulación. Deben ser colocados cerca de la acera, en un terreno plano, compacto y sin escaleras.

Figura 5: Ejemplo de colocación de contenedores de residuos móviles de 1.100 litros en una zona con un alto grado de urbanización (derecha) y en una escuela (izquierda) (Fuente de imagen izq: Intecus GmbH, Fuente de imagen der.: Reinhard Weikert, www.abfallbild.de)



Cuadro 1: Medidas de los contenedores según DIN

Contenedor (l)	Altura (mm)	Ancho (mm)	Peso (kg)	Carga máxima (kg)
CRM 120	930	480	11	48
CRM 240	1.070	580	15	96
CRM 1.100	1.450	1.210	69	440

PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS

INVERSIÓN

Costos de los contenedores :

- CRM 80–120: 15–35 Euro
- CRM 240: 22–45 Euro
- CRM 1.100: desde 160 Euro

Los precios mencionados son para un pedido mayor a 1.000 unidades . El costo de los cierres por gravedad ronda los 20 euros para los contenedores de 2 ruedas y los 50 para los contenedores de 4 ruedas.

COSTOS DE OPERACIÓN

- Reparación y mantenimiento: 11% de la inversión inicial por año.

INFORMACIÓN ADICIONAL

INFORMACIÓN DE MERCADO

APLICACIONES PRINCIPALES

Los contenedores de residuos móviles son los más utilizados en Europa para la recolección de residuos domésticos. En Alemania, los contenedores más utilizados son los de 80, 120, 240 y 1.100 litros.

EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

Entre las empresas productoras más importantes de CRM se encuentran:

- SULO Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Herford, www.sulo-umwelttechnik.de
- ESE GmbH, Neuruppin www.esse.com
- SSI Schäfer- Fritz Schäfer GmbH, Neunkirchen www.ssi-schaefer.de
- Paul Craemer GmbH, Herzebrock-Clarholz www.craemer.de

DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA

En Alemania, más información y más empresas relacionadas con la utilización y las precauciones a tener en cuenta con los CRM se puede encontrar en:

- Gütegemeinschaft Abfall- und Wertstoffbehälter e.V., Siegburger Straße, Köln www.ggawb.com

Referencia de las normas aplicadas en Alemania:

- **DIN EN 840- Partes -1 hasta -6:** Contenedores de residuos móviles – dimensiones, diseño, métodos de ensayo, requisitos de seguridad y salud
- **DIN 30760:** Contenedores de residuos móviles – Contenedores de 2 ruedas con capacidad de 60 a 360 litros para sistema de levantamiento tipo diamond.
- **RAL-GZ 951/1:** Evaluación de calidad de contenedores echos de plásticos para residuos y materiales reciclables
- **RAL-GZ 951/2:** Evaluación de calidad de contenedores echos de metal para residuos y materiales reciclables
- **RAL-GZ AWB:** Introducción a estándares de calidad
- **VDI Guideline 2160:** Gestión de residuos de la construcción y de suelos – Requisitos para contenedores, ubicaciones y rutas de transporte

CONTENEDORES DE DEPÓSITO / PUNTOS LIMPIOS

FUNCIÓN,
OBJETIVO:

- Recolección diferenciada de distintos tipos de residuos municipales y ciertos residuos industriales/comerciales en un sistema de recolección con puntos limpios

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	
Papel / cartón	X	Residuos domésticos mezclados		Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles	X	Aparatos eléctricos y electrónicos	(X)
Chatarra		Madera		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	En principio, para todos los residuos sólidos generados en pequeñas cantidades y de manera continua en las zonas aledañas			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

En general, para prevenir que se depositen residuos que no corresponden al tipo recolectado se diseñan aberturas especiales para los residuos correspondientes (Por ejemplo, para vidrio: abertura redonda; para papel; abertura plana). Los residuos voluminosos, como cartones de gran tamaño deben ser reducidos de tamaño.

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Ilimitadas, no dependen del tipo de receptáculo utilizado

Mediades de protección necesarias

Pueden desarrollarse emisiones de ruidos durante el depósito de los residuos debido a la altura de caída de estos. Una aislación acústica puede ser necesaria en zonas sensibles

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA APLICACIÓN

Infraestructura:

Pueden aplicarse se cualquier lugar. La única limitación es el espacio disponible y es importante que tengan buena accesibilidad por lo que se recomienda utilizar estas instalaciones en lugares centrales como plazas y parques y en las afueras de la ciudad. Existen variantes subterráneas que permiten su aplicación en zonas con espacios limitados y se tienen una buena integración visual en la ciudad.

Condiciones climáticas:

Sin limitaciones, pero existe el riesgo de que se congelen en el piso con muy bajas temperaturas.

DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	Los contenedores de depósito son receptáculos de residuos de un tamaño mayor que se utilizan, en general, para la recolección de residuos inorgánicos (papeles, vidrios, textiles) en los sistemas de recolección con punto limpio. Para lograr una recolección eficiente se utilizan contenedores de depósito de 2 a 5 m ³ . La principal variante son los contenedores de depósito soterrados. Estos son principalmente utilizados en zonas densamente construidas sin espacio para contenedores o en zonas con valor cultural o histórico. En general, los contenedores para vidrios cuentan con sistemas de aislación acústica. El vaciado se realiza con camiones equipados con una grúa y un contenedor de gancho o con vehículos de recolección de carga trasera o lateral equipados con dispositivos especiales de levantamiento. Para descargar los residuos del contenedor se utiliza un Sistema de doble gancho o “kinshofer”
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilidad de vehículos con grúa para realizar el vaciado o transporte de los contenedores - Deben ser colocados en lugares accesibles por el camión. Por ejemplo, al lado de la calle
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de intercambiar los contenedores - Amplia aplicación para diferentes tipos de residuos en un sistema de punto limpio - Precio razonable gracias al alto grado de estandarización - Métodos de recolección eficientes en cuanto a costos y logística
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Sin sistemas de compactación - Riesgo de incendios en los contenedores de papeles /cartones en zonas públicas - Pequeña capacidad para contener residuos de cartón corrugado y cartulina - Aberturas limitadas en las instalaciones soterradas
DETALLES DE APLICACIÓN	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>La siguiente figura muestra contenedores de depósito para residuos de vidrios y textiles así como bocas de contenedores soterrados en lugares públicos y centrales</p> <p>Figura 6: Contenedores de depósito para distintos tipos de vidrios diferenciados por colores (izquierda), Contenedores de depósito para textiles (Medio), Contenedores soterrados (derecha) (Fuente de imagen izq.: Harald Heinritz, www.abfallbild.de / Fuente de imagen medio y der.: Intecus GmbH)</p>
	
El vaciado se realiza con vehículos equipados con grúas especiales (Figura 2)	

Figura 7: Vaciado contenedores de depósito (izquierda) y contenedores soterrados (derecha) (Fuente de imágenes: Intecus GmbH)



Los contenedores de depósito consisten en una abertura superior para ingresar los residuos y una compuerta en el fondo del contenedor que es abierta durante el proceso de vaciado. Es frecuente la colocación de sistemas para reducir las emisiones de sonido en los contenedores de depósito, especialmente en los de vidrio. (Figura 3)

Figura 8: Esquema de contenedores de depósito con sistemas para reducir las emisiones de ruidos (Fuente de imagen derecha: Harald Heinritz, www.abfallbild.de)



FLUJO DE MATERIALES	Depende del área de recolección, del material a recolectar, el vehículo y el tipo de contenedor utilizado. Desde 50 a 100 contenedores pueden vaciarse por tour de recolección.
ALCANCE	En Alemania, se calcula un contenedor de depósito para 500 habitantes. El tamaño de los contenedores de depósito va desde 3 a 18 m ³ .
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	Los puntos limpios pueden formar parte (y ser muy útiles) de un sistema de recolección de residuos comprensivo para la recuperación de distintos materiales. Sin embargo, no son técnicamente compatibles con otros sistemas. Por ejemplo, su vaciado debe realizarse de separadamente del vaciado de otros contenedores.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
RECURSOS HUMANOS	1 persona: El vaciado de los contenedores de depósitos puede llevarse a cabo por el conductor del vehículo recolector.
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	El vaciado debe realizarse por medio de la utilización de grúas o equipos especiales de levantamiento incorporados a los vehículos recolectores.

ESPACIO REQUERIDO	Por medio de el vaciado con grúa el espacio necesario se reduce. El suelo donde se colocan los contenedores debe ser sólido y compacto. Los contenedores soterrados son aptos para zonas sin mucho espacio disponible.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	El costos de los contenedores varía de gran manera debido a la cantidad de versiones y las posibles adaptaciones específicas existentes (diseño, material, medidas de protección, etc). <ul style="list-style-type: none"> - Contenedor de depósito de 3 m³ estándar desde 450 a más de 1.000 Euros. - Contenedor soterrado 5 m³ desde 4.000 Euros incluyendo la instalación.
COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Costos de operación: ninguno - Reparación y mantenimiento: 11 % de la inversión inicial por año - Servicio de intercambio de contenedores - Limpieza del área
OTROS DETALLES	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	La recolección de residuos inorgánicos, especialmente de papeles, cartulinas/cartones, de textiles y de diferentes fracciones de vidrio se realizan en Alemania y en numerosos países de la Unión Europea por medio de contenedores de depósito
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	En Alemania existen un gran número de empresas que producen contenedores de depósito y contenedores soterrados. Algunos ejemplos son: <p><u>Contenedores de depósito:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - SULO Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Herford, www.sulo-umwelttechnik.de - ESE GmbH, Neuruppin, www.es.com - Schletter GmbH, Kirchdorf/Haag i.OB, www.schletter.de - Kinshofer Technik, Miesbach, www.kinshofer-technik.de - SSI Schäfer- Fritz Schäfer GmbH, Neunkirchen, www.ssi-schaefer.de <p><u>Sistemas soterrados:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - SULO Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Herford, www.sulo-umwelttechnik.de - ESE GmbH, Neuruppin, www.es.com - SSI Schäfer- Fritz Schäfer GmbH, Neunkirchen, www.ssi-schaefer.de - Bauer GmbH, Südlohn, www.bauer-suedlohn.de - Unterflur-Container & Projektierung Uthof, www.uthof.de - SUBFLOORCON GmbH, Münster, www.subfloorcon.de
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<p><u>Referencias de las normas aplicadas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN EN 13071 partes 1–3: Contenedores de residuos estacionarios de hasta 5 000 l, con receptáculo superior y vaciado inferior. 	

RECEPTÁCULOS NO ESTANDARIZADOS PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS – BOLSAS Y SACOS

FUNCIÓN,
OBJETIVO:

- Recolección de residuos sólidos municipales y pequeñas cantidades de residuos comerciales.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel / cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles	X	Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Madera		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Principalmente cualquier tipo de residuos sólidos que se generan continuamente o no en un lugar específico y en pequeñas cantidades.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

No son necesarios, salvo una reducción de volumen si el residuo no entra en la bolsa.

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Ilimitadas, ya que no depende del tipo de contenedor utilizado

Otros aspectos:

- Inadecuado para contener líquidos calientes y especialmente residuos pesados o voluminosos.
- Pueden haber riesgos para la salud durante la recolección y el transporte de las bolsas originados por la disposición descontrolada de objetos filosos.
- El almacenamiento de las bolsas llenas debe realizarse en lugares protegidos de los vientos y de animales callejeros

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Sus posibilidades de uso son ilimitadas pero pueden no ser adecuadas en ciertos ambientes por cuestiones estéticas (Por ejemplo: áreas históricas, atracciones turísticas)

Condiciones climáticas:

depende / no son a prueba de agua

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN

Las bolsas y sacos de residuos son una solución típica para la recolección de residuos en muchos países. En Europa, la colección de envases livianos es, en general, realizada en sacos de 80 litros. Pueden ser utilizadas para la recolección no sistemática, como un complemento para recolectar cantidades extras de residuos en sistemas de recolección que utilizan receptáculos estandarizados como los contenedores de residuos móviles (Ver hoja informativa: “contenedor de residuos móvil”) pero también pueden formar un sistema de recolección en sí mismos. Un aspecto distintivo es que las bolsas y sacos de residuos se entregan junto con los residuos que contienen para su disposición y tratamiento.

En Alemania existen las siguientes especificaciones para la recolección de envases livianos a través del sistema de recolección dual alemán “punto verde”:

	<ul style="list-style-type: none"> - Material: láminas LDPE - Color: amarillo transparente - Espesor: 22 µm - Tensión: mínimo 15 Mpa - Volumen: 90 l
REQUISITOS BÁSICOS	- No se necesita ningún vehículo con alguna tecnología especial. En general, se utilizan vehículos de carga trasera con prensas internas y abertura de baja altitud.
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo de inversión - Muy flexible en términos de cantidades de residuos recolectados y almacenados - No se necesitan vehículos recolectores especiales - Fácil implementación del principio “pague lo que tira” por el uso y venta de sacos especialmente marcados
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Susceptibles al fuego y al vandalismo - No muy resistente a la intemperie (viento, lluvia, nieve, etc) - Influencia negativa en la apariencia del área de colocación - Gran demanda física de los recolectores - Aumento del riesgo de heridas del personal y peatones debido a objetos punzantes y filosos dentro de las bolsas - Costos extras de la organización de la distribución o venta.
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Los tipos más comunes de sacos tienen un volumen de 50 a 120 litros y consisten de materiales PE-LD, PE-HD y algunas veces de papel madera. En los últimos años, se ha implementado el uso de bolsas de material biodegradable para los residuos domésticos. Esto permite la recolección de estas bolsas en los contenedores para residuos biodegradables.</p> <p>Figure 9: Bolsas para la recolección de paquetes y envases livianos (derecha), bolsa de papel madera para residuos verdes (centro) y bolsas biodegradables (izquierda) (Fuente de imagen der.: Intecus GmbH, Fuente de imagen centro e izq. : Harald Heinritz, www.abfallbild.de)</p>
	
ASPECTOS CUANTITATIVOS	Dependiendo de el tamaño del área de recolección, el material a recolectar y el tipo de vehículo recolector se pueden recolectar alrededor de 2.400 sacos de basura por un equipo recolector en una jornada. Si los sacos de basura son utilizados como complemento para las cantidades excedentes de residuos en la recolección a través de contenedores de residuos móviles, en Alemania, se levantan menos de 10 sacos en una salida.
ALCANCE	Todos los tipos de residuos sólidos que no destruyan las bolsas o sacos por su naturaleza

INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	El Sistema de bolsas y sacos no esta vinculado a otros sistemas específicos.	
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS		
RECURSOS HUMANOS	La recolección se realiza por un equipo de recolección que esta formado por el conductor del vehículo recolector y uno o más cargadores.	
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	Ninguno	
ESPACIO REQUERIDO	Las necesidades de espacio son muy bajas. Pero, de todas formas los receptáculos de este tipo deben estar protegidos del clima y los animales y deben ser colocados en un lugar seguro, ya sea, en la acera o en algún otro lugar.	
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS		
INVERSIÓN	<p>Los costos para las bolsas de residuos son muy bajos. En Alemania, un saco de residuos cuesta entre 0.16 y 50 euros dependiendo de la calidad y la cantidad de unidades ordenadas. Existen estructuras para colocar los sacos. Los precios varían mucho. Una estructura con alta durabilidad y buena calidad puede costar hasta 60 euros.</p> <p>Comparado con la recolección con contenedores, pueden haber costos extras por venta y distribución.</p>	
COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - No hay costos de mantenimiento y reparación - Costo de distribución en Alemania: 0,05 euros 	
INFORMACIÓN ADICIONAL		
INFORMACIÓN DE MERCADO		
APLICACIONES PRINCIPALES	El uso de bolsas y sacos de residuos no estandarizados para la recolección de residuos es un fenómeno común en todo el mundo. En Europa, la recolección de residuos municipales así como de envases livianos es usualmente llevada a cabo de esa manera.	
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	<p>La producción y venta de sacos de residuos puede ser realizados por varias pequeñas y medianas empresas. En Alemania, son, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TransPak AG, Solms - WBV Eselgrimm GmbH und Co., Oelde 	
		<p>www.transpak.de www.wbv-worldwide.com</p>
<i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>		
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA		
<p><u>Referencia de las normas aplicadas en alemania:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN EN ISO 527 1-4: Plásticos – Determinación de las propiedades de las tensiones de tracción 		

CONTENEDOR INTERMEDIO FLEXIBLE PARA GRANEL – BIG BAG

FUNCIÓN, OBJETIVOS:

- Facilitar la recolección de grandes cantidades de residuos sólidos, secos , de pequeño o gran tamaño (especialmente en lugares con espacios limitados)

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X ¹
Papel / Cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X ²	Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles	X	Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas	X	Construcción y demolición	X
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos	X ³	Por ej. Residuos que contienen amianto, que deben ser recolectados y transportados teniendo en cuenta reglas de seguridad ya que los polvos emitidos pueden perjudicar al medio ambiente y a las personas.			
Residuos industriales específicos	X				
Otros residuos	X	Basicamente, pueden ser utilizados para todo tipo de residuos sólidos y secos, si se cumplen las normas de seguridad			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Ninguno

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Ilimitado, no depende del tipo de contenedor

Riesgos para la salud:

Pueden existir riesgos para la salud durante el llenado y el transporte de los contenedores por la emisión de polvos o la descarga descontrolada de objetos filosos. El personal involucrado con la recolección y el levantamiento de los contenedores debe mantener una distancia apropiada y usar casco cuando el contenedor es manipulado

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Los contenedores flexibles intermedios para granel son muy sencillos de colocar cuando están vacíos pero su manipulación, cuando están llenos, solo puede llevarse a cabo con ayuda mecánica. Se suelen utilizar grúas o montacargas y ,por lo tanto, se necesita el espacio suficiente para que estas máquinas puedan realizar su trabajo.


Condiciones climáticas:

Sin limitaciones. Riesgo de congelamiento en el suelo cuando hay bajas temperaturas.

¹ Recolección diferenciada de residuos verdes usando contenedores flexibles para granel

² Solo para muy bajos contenidos de humedad

³ Solo puede utilizarse como dispositivo para la recolección de residuos peligrosos , si la recolección y transporte de los mismos respetan las normas de seguridad y no presentan ningún riesgo al medio ambiente y las personas.

DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	El uso para la recolección de residuos secos, especialmente de la construcción, por medio de estos contenedores esta extendido por todo el mundo. Son mas grandes que los contenedores de residuos móviles pero mas pequeños que los contenedores de gran tamaño. Son una buena alternativa para cuando se necesita la recolección de grandes cantidades de residuos y el espacio es limitado.
REQUISITOS BÁSICOS	- Para manipular los contenedores llenos se necesita de ayuda mecánica (grúa o montacargas)
VENTAJAS PARTICULARES	- No es necesaria una gran inversión - Mucha flexibilidad en cuanto a la cantidad de residuos almacenables - Relativamente poca necesidad de espacio para su almacenamiento y uso - No se necesitan vehículos de recolección especiales
DESVENTAJAS PARTICULARES	- Adecuado para materiales secos y de pequeño tamaño pero no para otros. - Dificultades para vaciar despues de existir alguna compactación
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Generalmente, la bases son de 900x900 mm con diferentes alturas y diferentes capacidades de carga máxima, entre 300 y 1.500 kg. Existen varios modelos, como, por ejemplo, de una o varias asas. La figura 1 muestra ejemplos de contenedores llenos con residuos que contienen amianto. Se pueden ver inscripciones en el contenedor referidas a los riesgos a la salud de los polvos emitidos y a las reglas de seguridad. Las advertencias se encuentra en diferentes idiomas.</p> <p>Figura 10: Contenedor flexible a granel con residuos que contienen amianto (izq.) y advertencia de seguridad en el contenedor (der.) (Bildquellen: Harald Heinritz, www.abfallbild.de)</p>
	 <p>Los contenedores intermedios flexibles para granel pueden tener distintas variantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Con válvulas de carga y descarga, - Con o sin revestimiento interno - Para diferentes tamaños de granos - Diferentes tamaños para almacenar diferentes cantidades

CAPACIDAD DE CARGA	El uso de contenedores intermedios flexibles para granel es recomendado para manejar volúmenes de residuos mayores que en los sacos de residuos y menores que en los grandes contenedores (contenedores de gancho o de cadena). Es decir, para almacenar entre 300 y 1.500 kg de residuos.
ALCANCE	- Normalmente, no son utilizados para almacenar residuos de manera permanente o por mucho tiempo pero si para residuos acumulados en corto plazo, cantidades medianas y en lugares con limitaciones de espacio. Son adecuados para residuos de tipo granular.
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	Los contenedores intermedios flexibles a granel pueden ser utilizados para la recolección no sistemática de residuos o como un complemento de algún otro sistema de recolección. Por ejemplo, en las obras de construcción. A menudo, estos contenedores se utilizan para la distribución de materia prima para la industria. Y luego, el contenedor vacío es utilizado para la recolección de residuos.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
RECURSOS HUMANOS	La carga y descarga de los contenedores puede realizarse por una persona, generalmente, el conductor del camión, con ayuda de los dispositivos adecuados. También, puede realizar el vaciado en las instalaciones de disposición si es que no hay personal en las instalaciones encargados de realizar esa actividad.
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	El movimiento de los contenedores llenos requiere de dispositivos especiales como grúas o montacargas.
ESPACIO REQUERIDO	El espacio requerido por estos contenedores es poco. Desde un principio, deberían colocarse en el lugar donde yacerán llenos, ya que, moverlos es difícil y requiere de equipos adicionales.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	El costo de estos contenedores es relativamente bajo. En Alemania, dependiendo de la calidad y el número de unidades, el precio está entre 4,50 y 13 EUR. También, existen soportes para colocar estos contenedores.
COSTOS DE OPERACIÓN	- Para usos múltiples, puede haber un costo de 30% de la inversión inicial por recorrido.
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	El uso de estos contenedores para la recolección de residuos sólidos secos , sobre todo de la construcción y demolición, es común en todo el mundo. La mayoría de los proveedores de servicios para el manejo de residuos en Alemania utilizan estos contenedores en sus operaciones o ofrecen servicios donde estos contenedores son utilizados.
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	Existen muchas pequeñas y medianas empresas que se ocupan de la producción y distribución de estos contenedores. En Alemania, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> - Buhck Umweltservices GmbH & Co. KG www.buhck.de - HIRSCH Bremer Reinigung und Recycling GmbH www.hirsch-gmbh.com - akcensis GmbH, Wesel www.ixkes.de/big-bag - ams Umweltschutz GmbH, Berlin www.amsberlin.de

DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA

Referencia de las normas aplicadas en alemania:

DIN 55461-2:1991-07: Receptáculos para granel; Contenedores intermedios para granel flexibles; Dimensiones

VEHÍCULO RECOLECTOR DE CARGA TRASERA

FUNCIÓN,
OBJETIVO:

- Recolectar todos los tipos de residuos municipales depositados en los contenedores de residuos u otros tipos de receptáculos

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X ¹	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel / cartón	X ⁴	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos o electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Todos los tipos de residuos sólidos que se desechan continuamente en una gran área y requieren de una recogida regular.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

No necesario

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

La compactación de los residuos en el vehículo recolector hace que su posterior separación sea más difícil.

Riesgos para la salud:

Cargadores: Cuando se recolectan residuos en ambos lados de la calle el cargador debe cruzar la calle frecuentemente. Por lo tanto, este procedimiento debe aplicarse solo en zonas de poco tráfico.

Conductor: Si se necesita que el conductor también colabore como cargador, se aumentan los riesgos de accidentes personales, ya que, debe entrar y salir de la cabina de conducción muchas veces.

Otros aspectos:

Es posible incorporar en los vehículos recolectores un ordenador de a bordo para mantener un registro de el vaciamiento y otros datos relevantes (por ej. Peso del contenedor) y así, poder realizar mejores monitoreos, planes de recorrido y facturaciones. Actualmente, la combinación con tecnologías de identificación de los contenedores es una solución frecuente. (Ver hoja informativa “[Identificación de contenedores](#)”)

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Para una recolección eficiente con este vehículo, los contenedores de residuos deben ser colocados en lugares de fácil acceso para el vehículo y el personal. Medidas para lograr esto pueden ser: establecer puntos donde depositar los contenedores a vaciar y establecer zonas de no-estacionamiento en los lugares correspondiente.

Condiciones climáticas:

Ninguna salvo que la calle debe ser apta para el paso del vehículo recolector.

⁴ Para sistemas de recolección de residuos puerta a puerta / de acera

DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	<p>El vehículo recolector de carga trasera es ampliamente el más utilizado para la recolección y el transporte de corta distancia de diferentes tipos de residuos. Por ese motivo existen un gran número de variantes del modelo. Los diferentes tipos de contenedores de residuos son vaciados en el contenedor del vehículo manualmente o por medio de aparatos mecánicos. Lo más común es la colocación de un aparato en la parte trasera del vehículo que levanta los contenedores de residuos móviles (ver hoja informativa: “<u>contenedores de residuos móviles</u>”) y descarga su contenido. Estos vehículos recolectores tienen un mecanismo integrado de compactación.</p> <p>Después de finalizar la recolección, el vehículo recolector abre el compartimento de residuos y los descarga en la planta de tratamientos de residuos o donde corresponda.</p>
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Para el vaciamiento de los contenedores de residuos se necesitan dispositivos de levantamiento tipo peine o tipo diamond.
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Gran capacidad de recolección gracias a la compactación de los residuos - Recolección de muchos tipos de residuos. - Utilización en distintas etapas de la recolección de residuos (recogida y transporte de corta distancia).
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión relativamente alta para el vehículo - Al menos 2 personas para su operación
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Durante la recolección, las bolsas de residuos son arrojadas manualmente en la boca del compartimento de almacenamiento o los contenedores de residuos móviles son vaciados en el vehículo por medios de dispositivos de levantamiento. Luego el mecanismo de compactación comprime los residuos y los empuja desde la compuerta del compartimento hasta a la parte delantera del mismo. Una vez que el vehículo se llena, el vehículo se dirige a las instalaciones correspondientes donde abre su parte trasera y descarga los residuos.</p> <p>Los mecanismos de compactación y levantamiento pueden ser operados manualmente, ser semi automáticos o ser completamente automáticos. Es destacable, en cuanto a lo económico, la capacidad volumétrica y de peso que determinan su eficiencia</p> <p>Figura 11: vehículo recolector de carga trasera estándar (izquierda) y sistema de elevación tipo peine (derecha) (Fuente imagen iz.: Petra Hoeß, FABION Markt + Medien, www.abfallbild.de / Fuente imagen der.: MOBA GmbH, www.moba.de)</p>
	
	<p>La eficiencia de la compactación es muy buena para los residuos autocompactables y los residuos biológicos por lo que se recomienda el uso de estos vehículos para esos tipos de residuos.</p>

Figura 12: Vehículo con dos compartimientos de almacenamiento para la recolección diferenciada de de residuos (izq.) Vehículo con tambor rotatorio y cabina de conductor con entrada baja „Econic“ (der.) (Fuente de imágenes izq., der. : Intecus GmbH)



Otras características de diseño:

2 o 3 ejes, suspensión mecánica o neumática, plataforma para la conducción desde afuera del vehículo

Figura 13: Vaciamiento del vehículo recolector con sistema de placa de presión para la compactación (izq., der.) (Fuente imagen izq. : Intecus GmbH, fuente imagen der. : Petra Hoeß, FABION Markt + Medien, www.abfallbild.de)



CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga esta limitada por la carga máxima del vehículo y del compartimento contenedor del mismo.

ALCANCE

Volumen y peso que pueden cargar diferentes vehículos recolectores: entre 5-27 m³ y 6–12 Tn

INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS

El vehículo puede ser equipado con distintos dispositivos tecnológicos. Como sistema de GPS para monitorear el proceso de recolección o ordenadores de a bordo que recopilen información para su posterior procesamiento. Dando lugar a la posible interacción con los sistemas de identificación de contenedores (ver hoja informativa: “identificación de contenedores”).

PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS

DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS

Existen equipos adicionales para realizar tareas especiales como dispositivos de inclinación para la descarga directa del contenido en contenedores de gancho

RECURSOS HUMANOS	1 conductor y hasta 5 cargadores (mínimo 1–2 cargadores)
ESPACIO REQUERIDO	Normalmente para los sistemas de recolección implementados, se necesita espacio en la calle para que el camión se detenga al lado de la acera para realizar el vaciamiento de los contenedores. Y se necesita un lugar donde aparcar el vehículo cuando no está en funcionamiento.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	El capital necesario para un vehículo recolector de carga trasera (3 ejes, y 10 Tn de capacidad de carga) es de 140.000–190.000 Euros.
COSTOS DE OPERACIÓN	- Reparación y mantenimiento: 11% de la inversión anual por año. - Personal: 2–6 Personas (La variante más común es la de 1 conductor y dos cargadores).
OTROS ASPECTOS RELEVANTES	
SEGURIDAD LABORAL	Para el uso de esta tecnología en Europa existen exigentes normas de seguridad en el trabajo. En Alemania por ejemplo: - Regulaciones técnicas para el trabajo con materiales biológicos – Recolección, medidas preventivas (TRBA 213) - Regulaciones-GUV: Medidas de seguridad y de protección de la salud durante la gestión de residuos, parte 1: Recolección y transporte de residuos
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	El vehículo de recolección con carga trasera es el más utilizado para la recolección de diferentes tipos de residuos municipales. A pesar del crecimiento de la oferta de vehículos de recolección, el número de ventas de este tipo ha permanecido constante por muchos años.
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	Se presentan algunas empresas proveedoras de esta tecnología y sus componentes en Alemania: Chasis: - Daimler AG, Stuttgart, www.mercedes-benz.de - MAN Truck & Bus AG, München, www.truck.man.eu Compartimiento de almacenamiento y elevadores: - HS Fahrzeugbau GmbH, Emstek www.hs-fahrzeugbau.com - ZÖLLER-KIPPER GmbH, Mainz www.zoeller-kipper.de - FAUN Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Osterholz-Scharmbeck www.faun.com
<i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<p><u>Más información en este tipo de tecnología y enlaces a empresas proveedoras pueden encontrarse en:</u></p> <p>- Verband der Arbeitsgeräte- und Kommunalfahrzeug- Industrie e.V., Berlin, www.vak-ev.de - Gemeinsame Arbeitsgruppe von VKU und BDE Fahrzeuge und Behälter – Technische Übersicht und Standards www.vku.de/abfallwirtschaft.html</p> <p><u>Referencia de las normas aplicadas en Alemania:</u></p> <p>- DIN EN 1501, Partes 1, 4 and 5: Vehículos recolectores de residuos y sus dispositivos de levantamiento.</p>	

VEHÍCULO RECOLECTOR DE CARGA FRONTAL

FUNCIÓN,
OBJETIVO:

- Recolección de residuos domésticos y comerciales depositados en los contenedores de residuos móviles de gran tamaño (ver hoja informativa: “[Contenedores de residuos móviles](#)”).

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrios	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel / Cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos	X				
Otros residuos					

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Ninguno

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

La compactación de los residuos en el vehículo recolector hace que su posterior separación sea más difícil.

Otros aspectos

Es posible incorporar en los vehículos recolectores un ordenador de a bordo para mantener un registro de el vaciamiento y otros datos relevantes (por ej. Peso del contenedor) y así, poder realizar mejores monitoreos, planes de recorrido y facturaciones. Actualmente, la combinación con tecnologías de identificación de los contenedores es una solución frecuente. (Ver hoja informativa “[Identificación de contenedores](#)”)

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Para una utilización eficiente del vehículo recolector de carga frontal, los contenedores de residuos deben ser colocados en lugares de fácil acceso para el vehículo y colocados de tal forma que puedan ser vaciados por el mecanismo de levantamiento sin la necesidad de ningún tipo de manipulación o intervención extra. Por estos motivos, este tipo de vehículo es especialmente adecuado para su utilización en zonas con una densidad baja de edificaciones (en particular, para utilizar en zonas rurales con suficiente espacio en las calles y entre las casas y en las afueras de las ciudades). En los centros de las ciudades, donde hay mucho tráfico y no hay mucho espacio disponible en las aceras, el uso efectivo de este vehículo se ve muy limitada.

Condiciones climáticas:

Ninguna limitación salvo que la calle siempre debe estar apta para la circulación del vehículo.

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN

Los vehículos recolectores de carga frontal se caracterizan por contar con mecanismos de levantamiento de contenedores frontales que, levantando los contenedores por sobre la cabina de conducción, los vacían en la tolva. A diferencia de los vehículos recolectores de carga trasera (ver hoja informativa: “[vehículo recolector de carga trasera](#)”) éstos pueden tener compartimentos de almacenamiento de mayor capacidad y permiten que la conducción de los mismos y la recolección de los residuos puedan ser realizados por una sola persona y, por lo tanto, de manera mas económica.

	Este tipo de vehículo recolector es utilizado en áreas de recolección con baja densidad de puntos de recogida y con una alta proporción de contenedores de gran tamaño particularmente dispuestos para la recolección de residuos comerciales. Por esta razón, estos vehículos están diseñados, en la mayoría de los casos, para vaciar el contenido de contenedores de residuos móviles de 4 ruedas de hasta 5 m ³ . Aunque, también pueden vaciar contenedores móviles de 2 ruedas.
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Los contenedores de residuos y los mecanismos de levantamiento deben ser compatibles. Por ejemplo, se recomienda el uso de contenedores estandarizados (ver hoja informativa: “contenedores de residuos móviles”) - Los contenedores de residuos deben estar colocados en un lugar accesible que permitan que el vehículo recolector y el mecanismo de levantamiento los vacíen sin la necesidad de una intervención manual
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Una sola persona necesaria para su operación - El proceso de vaciamiento puede ser controlado desde la cabina de conducción - Alta capacidad de almacenamiento por medio de mecanismos de compactación integrados. - Pueden ser utilizados al mismo tiempo para la recolección y para el transporte de corta distancia de los residuos.
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión relativamente alta - No todos los tipos de residuos domésticos pueden ser recolectados de manera eficiente - Es ineficiente en zonas con alta densidad de edificaciones. Presenta problemas en calles angostas, en lugares con tráfico y para el estacionamiento de autos.
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Las partes básicas de un vehículo recolector de carga frontal son el chasis, el contenedor de almacenamiento con mecanismos de compactación, la tolva y el mecanismo de levantamiento.</p> <p>El dispositivo de levantamiento se sitúa detrás de la cabina del conductor y consiste en dos brazos telescópicos con sistemas de tipo peine o diamond en las puntas para la fijación de los contenedores al mecanismo de elevación. El manejo del sistema de levantamiento puede realizarse de forma automática o de forma manual, a través de un joystick especial. El mecanismo de levantamiento descarga los residuos en la tolva y estos, por medio del mecanismo de compactación, son comprimidos y introducidos en el contenedor de almacenamiento. La compactación suele ser realizada por dos tornillos de giro opuesto accionados hidráulicamente.</p> <p>Una vez que el contenedor del vehículo está completamente lleno, éste se dirige al lugar de disposición correspondiente y descarga los residuos abriendo la parte trasera del contenedor. Algunas versiones cuentan con un chasis diseñado para el tipo de contenedores utilizados en los sistemas de intercambio (ver hoja informativa: “caja móvil”)</p> <p>Figura 14: Vehículo recolector de carga frontal con el contenedor de almacenamiento (Fuente de imágenes izq y der. : Intecus GmbH)</p>
	

CAPACIDAD DE CARGA	La capacidad de carga esta limitada por el vehículo y el contenedor de almacenamiento (carga máxima permitida)
ALCANCE	El volumen y el peso de carga del vehículo puede llegar a los 34 m ³ y a las 12 Tn
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	El mecanismo de elevación, generalmente, esta equipado con dispositivos para levantar contenedores de residuos móviles estandarizados. Otros tipos de contenedores y/o receptáculos livianos (ver hoja informativa: " <u>Receptáculos no estandarizados para la recolección de residuos – Bolsas y sacos</u> ") solo pueden ser recolectados con dispositivos especiales.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	Ninguno
RECURSOS HUMANOS	1 conductor que también realiza la función de cargador
ESPACIO REQUERIDO	Estos vehículos se utilizan principalmente para contenedores de residuos móviles de gran tamaño. Debido a que estos contenedores son difíciles de mover cuándo están llenos, se debe facilitar el acceso directo del vehículo al contenedor en la dirección adecuada para realizar la recolección. Además, se debe proporcionar un lugar de estacionamiento en el depósito para cuando el vehículo no se utiliza o para su mantenimiento.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	- Vehículo recolector de carga frontal (3 ejes, 20 Tn de capacidad de carga, contenedor de almacenamiento) 140.000–180.000 Euro - Costos de "Caja móvil": 20.000 Euro c/u
COSTOS DE OPERACIÓN	- Reparación y mantenimiento: ~11 % de la inversión inicial/año
OTROS ASPECTOS RELEVANTES	
SEGURIDAD LABORAL	Para el uso de esta tecnología en Europa existen exigentes normas de seguridad en el trabajo. En Alemania por ejemplo: - Regulaciones técnicas para el trabajo con materiales biológicos – Recolección, medidas preventivas (TRBA 213) - Regulaciones-GUV: Medidas de seguridad y de protección de la salud durante la gestión de residuos, parte 1: Recolección y transporte de residuos
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	Es común la utilización de vehículos recolectores de carga frontal para realizar la recolección de los residuos depositados en contenedores estandarizados
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	Se presentan algunas empresas proveedoras de esta tecnología en Alemania: Chasis: - Daimler AG, Stuttgart, www.mercedes-benz.de - MAN Truck & Bus AG, München, www.truck.man.eu Compartimiento de almacenamiento y elevadores: - HS Fahrzeugbau GmbH, Emstek www.hs-fahrzeugbau.com

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

- FAUN Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Osterholz-Scharmbeck
- Schmidt Kommunalfahrzeuge GmbH, Brahmenau

www.faun.com
www.schmidt-kommunal.de

DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA

Más información en este tipo de tecnología y enlaces a empresas proveedoras pueden encontrarse en:

- Verband der Arbeitsgeräte- und Kommunalfahrzeug- Industrie e.V., Berlin, www.vak-ev.de
- Gemeinsame Arbeitsgruppe von VKU und BDE Fahrzeuge und Behälter – Technische Übersicht und Standards www.vku.de/abfallwirtschaft.html

Referencia de las normas aplicadas en alemania:

- **DIN EN 1501, Partes 3, 4 und 5:** Vehículos recolectores de residuos y sus dispositivos de levantamiento

VEHÍCULO RECOLECTOR DE CARGA LATERAL

FUNCIÓN, OBJETIVO:

- Recolección de varios tipos de residuos domésticos depositados en contenedores de residuos (ver hoja informativa: "[Contenedores de residuos móviles](#)") en la acera. Aplicable en el método de recolección "método de acera"

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrios	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papeles / Cartones	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Todos los tipos de residuos sólidos que se desechan continuamente en un gran área , que requieren de una recogida regular y que son depositados en contenedores de estándares apropiados ubicados en lugares accesibles para el vehículo			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Ninguno, pero su recolección debe realizarse en los contenedores apropiados

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

La compactación de los residuos en el vehículo recolector hace que su posterior separación sea más difícil.

Riesgos para la salud:

Peatones: El conductor del vehículo no tiene una visión directa del proceso de carga. Esto genera un riesgo de ser lastimados para los peatones que pasan cerca durante el proceso de recogida. Este riesgo se minimiza colocando espejos y cámaras adicionales en el vehículo.

Conductor: El conductor también cumple el rol de cargador. Por lo que, a diferencia de los recolectores de carga frontal y trasera, no existe ningún momento para distenderse. Los conductores inexpertos intentan observar el proceso de carga directamente dando lugar a lesiones físicas como distensiones musculares.

Otros aspectos:

Es posible incorporar en los vehículos recolectores un ordenador de a bordo para mantener un registro del vaciamiento y otros datos relevantes (por ej. Peso del contenedor) y así, poder realizar mejores monitoreos, planes de recorrido y facturaciones. Actualmente, la combinación con tecnologías de identificación de los contenedores es una solución frecuente. (Ver hoja informativa "[Identificación de contenedores](#)")

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Para una recolección eficiente con este tipo de vehículo recolector es necesario que los contenedores sean accesibles para el vehículo recolector (borde de la acera) y que estén ubicados de forma tal que el mecanismo de elevación pueda tomarlos sin necesidad de intervenciones adicionales. Tal vez sea necesario deshabilitar el estacionamiento de autos momentáneamente en las calles correspondientes y que un equipo de personas coloque correctamente los contenedores previo al paso del vehículo recolector. Este tipo de vehículo es especialmente adecuado para su utilización en zonas con una densidad baja de edificaciones (en particular, para utilizar en zonas rurales con suficiente espacio en las calles y entre las casas y en las afueras de las ciudades). En los centros de las ciudades, donde hay mucho tráfico y no hay mucho espacio disponible en las aceras, el uso efectivo de este vehículo se ve muy limitado.

Condiciones climáticas:

Ninguna salvo que la calle debe ser apta para el paso del vehículo recolector

DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	<p>Los vehículos recolectores de carga lateral son vehículos que cuentan con un mecanismo lateral para el levantamiento de los contenedores de residuos ubicados en el borde de la acera. Este tipo de vehículo cumple un rol cada vez más importante en la recolección de distintos tipos de residuos domésticos y comerciales. En comparación con los vehículos de carga trasera, éstos pueden ser operados solamente por el conductor. Lo cual resulta en ser un método más económico.</p> <p>Principalmente, existen dos tipos de vehículos recolectores de carga lateral. El “verdadero” que es operado completamente desde la cabina de conducción, por el conductor mismo y los “pseudo” recolectores de carga lateral donde los contenedores se deben desplazar hacia el vehículo manualmente y el manejo del mecanismo de elevación se maneja de forma manual también. En Alemania, a prevalecido el uso del vehículo recolector “verdadero” de carga lateral.</p>
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Alta capacidad de almacenamiento de residuos gracias al sistema de compactación integrado. - Puede utilizarse al mismo tiempo para la recolección y para el transporte de residuos de corta distancia. - A diferencia de los vehículos recolectores de carga trasera (ver hoja informativa: “vehículo recolector de carga trasera”), éstos pueden ser operados por una sola persona
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Precio relativamente alto en comparación con los de carga frontal y trasera. - Los contenedores deben estar posicionados de manera correcta en el borde de la acera
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Las partes básicas de un vehículo recolector de carga lateral son el chasis, el contenedor de almacenamiento con mecanismos de compactación, la tolva y el mecanismo de levantamiento.</p> <p>Para la recolección de residuos, el vehículo debe detenerse al lado del contenedor a vaciar. El mecanismo de elevación, ubicado del lado donde se encuentra el contenedor de residuos, toma el contenedor y lo vacía en la tolva de alimentación. La operación del mecanismo de elevación puede realizarse a través de un joystick o puede ser realizado de manera automática. El mecanismo de elevación se sitúa detrás de la cabina del conductor y consiste en un brazo telescópico que cubre una distancia de 2m con sistemas de tipo peine o diamond en las puntas para la fijación de los contenedores al mecanismo de elevación.</p> <p>Un mecanismo de compactación comprime los residuos y los empuja desde la tolva de alimentación al contenedor de almacenamiento. La compactación se realiza, generalmente, por dos tornillos de giro opuesto accionados hidráulicamente y que pueden ser controlados manualmente, semi-automáticamente o automáticamente.</p> <p>Una vez que el contenedor del vehículo está completamente lleno, éste se dirige al lugar de disposición correspondiente y descarga los residuos abriendo la parte trasera del contenedor.</p>

Figura 15: Vehículo recolector de carga lateral “Verdadero” (izq. , der.) (Fuente de imágenes izq. y der. : Intecus GmbH)



CAPACIDAD DE CARGA	La capacidad de carga esta limitada por el vehículo y el contenedor de almacenamiento (carga máxima permitida)
ALCANCE	Volumen y peso que pueden cargar diferentes vehículos recolectores: entre 5–29 m ³ y 6–12 Tn
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	<p>El mecanismo de elevación, generalmente, esta equipado con dispositivos para levantar contenedores de residuos moviles estandarizados. Otros tipos de contenedores y/o receptáculos livianos (ver hoja informativa: <u>“Receptáculos no estandarizados para la recolección de residuos – Bolsas y sacos”</u>) solo pueden ser recolectados con dispositivos especiales.</p> <p>El vehículo puede ser equipado con distintos dispositivos tecnológicos. Como sistema de GPS para monitorear el proceso de recolección o ordenadores de a bordo que recopilen información para su posterior procesamiento. Dando lugar a la posible interacción con los sistemas de identificación de contenedores (ver hoja informativa: <u>“identificación de contenedores”</u>).</p>
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	- Ninguno
RECURSOS HUMANOS	1 conductor, eventualmente un cargador
ESPACIO REQUERIDO	Esta tecnología necesita espacio para detenerse en la calle al lado del contenedor a vaciar. Además un espacio en el depósito para aparcar el vehículo cuando no está en uso.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	El costo de un vehículo recolector de carga lateral es de 160.000–220.000 Euro.
COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Reparación y mantenimiento: ~11 % de la inversión / año - Personal: 1–2 Personas (Lo más común es una sola persona)

OTROS ASPECTOS RELEVANTES	
SEGURIDAD LABORAL	<p>Para el uso de esta tecnología en europa existen exigentes normas de seguridad en el trabajo. En Alemania por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regulaciones técnicas para el trabajo con materiales biológicos – Recolección, medidas preventivas (TRBA 213) - Regulaciones-GUV: Medidas de seguridad y de protección de la salud durante la gestión de residuos, parte 1: Recolección y transporte de residuos
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	El uso de este tipo de vehículos no es tan común comparado con el uso de los de carga trasera pero el número de ventas por año está incrementando. Se destaca su uso en estructuras rurales
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	<p>Se presentan algunas empresas proveedoras de esta tecnología y sus componentes en Alemania:</p> <p>Chasis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daimler AG, Stuttgart, www.mercedes-benz.de - MAN Truck & Bus AG, München, www.truck.man.eu <p>Compartimiento de almacenamiento y elevadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - HS Fahrzeugbau GmbH, Emstek www.hs-fahrzeugbau.com - FAUN Umwelttechnik GmbH & Co. KG, Osterholz-Scharmbeck www.faun.com
<i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<p><u>Más información en este tipo de tecnología y enlaces a empresas proveedoras pueden encontrarse en:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Verband der Arbeitsgeräte – und Kommunalfahrzeug- Industrie e.V., Berlin, www.vak-ev.de - Gemeinsame Arbeitsgruppe von VKU und BDE Fahrzeuge und Behälter - Technische Übersicht und Standards www.vku.de/abfallwirtschaft.html <p><u>Referencia de las normas aplicadas en alemania:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN EN 1501, Partes 1, 3 y 5: : Vehículos recolectores de residuos y sus dispositivos de levantamiento 	

RECOGIDA NEUMÁTICA DE RESIDUOS

FUNCIÓN,
OBJETIVO:

- Recolección, transporte y almacenamiento automático de residuos domésticos, comerciales y provenientes de instituciones públicas.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrios		Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel / Cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción y demolición	
Aceites		Pinturas / Barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos	X	Por ej. Residuos infecciosos de hospitales			
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Todos los residuos sólidos de tamaño pequeño que se producen continuamente en una área determinada y requieren de una recolección frecuente			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

En principio, no es necesario un pre-tratamiento. Pero a los residuos que no cumplen las condiciones de tamaño se les debe reducir el mismo o se les debe recolectar de otra manera

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Sin restricciones

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Este sistema de recolección es especialmente adecuado en áreas muy edificadas, en edificios que necesitan recolección continua como hospitales, aeropuertos, grandes oficinas y en áreas que son sensibles al ruido o la influencia visual de los métodos de recolección tradicionales como zonas turísticas.

Condiciones climáticas:

Sin restricciones

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN

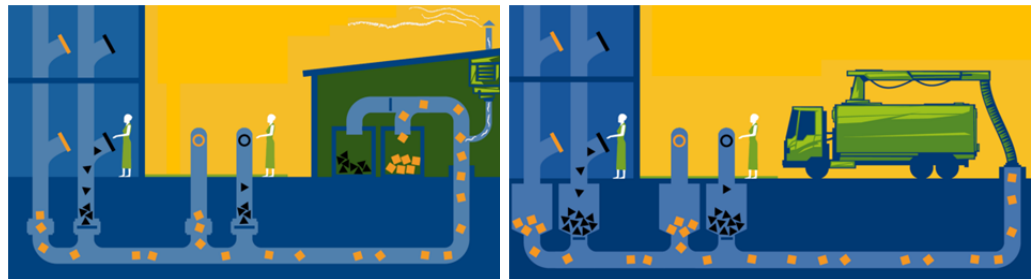
La recogida automática de residuos se utiliza para la recolección eficiente y centralizada de diferentes tipos de residuos en una área o edificio con muchos puntos cercanos de recolección continua de residuos. El sistema consiste en un sistema de tuberías que conecta muchos puntos donde se depositan los residuos con un lugar de almacenamiento intermedio. Un módulo especial produce la presión negativa necesaria para succionar los residuos y transportarlos por las tuberías. Este módulo también limpia el aire utilizado para el transporte de los residuos. Las principales razones para utilizar este sistema son la baja demanda de espacio para su operación y la forma cómoda, higiénica y subterránea en la cual los residuos son recolectados. La recogida neumática de residuos es una buena solución para la recolección de residuos en áreas susceptibles a los métodos de recolección tradicionales. Ya que evita el impacto visual negativo y otras consecuencias molestas (por ej. Malos olores, ruidos). También, es una buena solución en áreas muy congestionadas, donde la recolección con vehículos recolectores es más difícil.

REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Para residuos voluminosos se deben disponer sistemas de recolección alternativos. Ciertos materiales como maderas o cartones pueden ser reducidos de tamaño hasta que cumplan los requisitos del método. - El sistema tiene que estar completamente instalado para su utilización. No es posible usarlo si no está completo.
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Poca necesidad de espacio en edificios particulares o áreas urbanas - Casi “invisible“ en los ambientes urbanos y los vehículos tienen fácil acceso a los residuos independientemente de la ubicación de los puntos de depósito de los residuos - Estética - Cómodo para el usuario e higiénico por naturaleza - Bajos costos de recogida y transporte. - Se puede aplicar un recargo para cubrir el costo derivado de la contaminación generada por los residuos.
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de planificación e implementación. - Mucho tiempo requerido para su instalación. No se puede comenzar a utilizar hasta que no esté completamente instalado todo el sistema.

DETALLES DE USO

DESCRIPCIÓN TÉCNICA Existen dos formas de aplicación del sistema de recolección neumática. El sistema fijo (figura 1, izq.) donde los residuos son transportados a un contenedor de almacenamiento intermedio y sistemas móviles (figura 1, der.) donde vehículos especiales aspiran los residuos y luego los transportan para su tratamiento. Los puntos donde se descartan los residuos pueden ser instalados tanto en edificios como en espacios públicos.

Figura 16: Recogida neumática de residuos – Sistema fijo con contenedores de residuos (izq) y sistemas móviles con vehículos aspiradores (derecha)



Es posible realizar una separación de diferentes tipos de residuos. Esto puede ser a través de diferentes buzones para colocar los residuos o a través del uso de una sola vía con receptáculos marcados (por ej. Sistema OPTIBAG, bolsas de colores).

Figura 17: Puntos de recogida especiales para la recogida neumática (izquierda) y vehículo aspirador durante el vaciado de un tanque de almacenamiento intermedio (derecha) (Fuente imagen izq. : Intecus GmbH / Fuente imagen der. : Envac Group, www.envacgroup.com)



CAPACIDAD DE CARGA	Dependiendo del sistema pueden haber tanques de almacenamiento de 1–6 m ³ para el sistema móvil o pueden haber contenedores estandarizados de gancho o de cadena de 20–36 m ³ (ver hoja informativa: “ <u>Contenedor de gancho</u> ” y “ <u>contenedor de cadena</u> ”) para el sistema fijo
ALCANCE	La longitud del sistema de tuberías es prácticamente ilimitada por medio de la instalación de los tanques de almacenamiento, módulos de succión y los sistemas de transporte necesarios. Los diámetros de las tuberías están entre 350 y 500 mm.
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	En sistemas grandes, la utilización de contenedores de gancho o de cadena para la recolección y el transporte de los residuos es la solución más viable económicamente. El funcionamiento en paralelo de sistemas de recolección convencionales es contra productivo y debe ser evitado mientras se pueda. El sistema puede , y es muy recomendable, combinarse con un esquema de facturación basado en el principio “pague mientras tira”
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	- El sistema funciona con energía eléctrica. - El consumo de energía depende de del tamaño del sistema, la cantidad y el tipo de residuos.
BALANCE DE CO ₂	- Con este sistema se reduce en gran cantidad la utilización de vehículos para la recogida y el transporte de los residuos. De esta manera, se reducen las emisiones de CO/CO ₂
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	- Se necesita corriente eléctrica para el funcionamiento de los módulos de presurización/succión.
RECURSOS HUMANOS	- Depende del tamaño del sistema pero suele necesitarse de una sola persona para manejar varios sistemas (sin incluir reparaciones o limpiezas).
ESPACIO REQUERIDO	- Considerablemente mas bajo que en los sistemas de recolección convencional con contenedores. - Se ahorra alrededor de 0,5–1 m ² por unidad de recolección (hogar) con respecto a los sistemas convencionales.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	- La inversión necesaria ronda los 1000–2000 euros por unidad de residencia. - Se estima una vida útil del sistema de 30 años.
COSTOS DE OPERACIÓN	- Reparación y mantenimiento: menos del 1% de la inversión por año.
INGRESOS FINANCIAMIENTO POSIBLES	- Por medio del gravamen de los residuos producidos - Por los ahorros producidos debido a la reducción en el número de recogidas que se deben realizar con los vehículos recolectores.
COSTOS ESPECÍFICOS	- Muy variables. Depende del tamaño del sistema, el comfort, configuración y los residuos recolectados.

OTROS ASPECTOS RELEVANTES	
	Una solución para la recolección diferenciada de residuos que se adapta muy bien a este sistema es el sistema "Optibag": En el cual cada tipo de residuo se acumula en bolsas de un color en particular y luego todas las bolsas son recolectadas en un mismo punto de recogida/contenedor. La separación de los tipos de residuos se lleva a cabo después de realizada la recolección y el transporte gracias a el color de las bolsas. (www.optibag.com)
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	La recogida neumática de residuos es una técnica ya probada y confiable. Se encuentran principalmente en hospitales, aeropuertos, barrios muy densos o cascos históricas de las ciudades. Algunos ejemplos de aplicación son: Sevilla (ES), Estocolmo (SE), Copenhague (DZ) y Clínica universitaria Heidelberg (DE)
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	Algunos fabricantes de sistemas de recogida neumática son: <ul style="list-style-type: none"> - Envac AB, Stockholm, Schweden www.envacgroup.com - MariMatic Oy, Vantaa, Finland www.marimatic.com

SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE CONTENEDORES (RESIDUOS) PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS DOMÉSTICOS Y COMERCIALES, CON LA POSIBILIDAD DE PESAJE

FUNCIÓN, OBJETIVOS:

- Lograr un registro del servicio de recolección y vaciado de contenedores recibido por un agente generador de residuos, con el objeto de realizar una facturación individualizada de acuerdo a la cantidad de residuos producidos.
- Excluir a los contenedores no registrados y a los usuarios que no pagan del servicio de recolección de residuos.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrios		Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel/ Cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles		Aparatos electrónicos y eléctricos	
Chatarra		Maderas		Construcción / demolición	
Aceites usados		Pinturas / Barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otros residuos	X	Se puede aplicar a todos los contenedores móviles de residuos estandarizados (ver hoja informativa: "Contenedor de residuos móvil") con sus técnicas de recolección asociadas, independientemente del tipo de residuo recolectado.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

El estado o el tipo de los residuos recolectados no tiene influencia en la utilización de esta tecnología. Pero deben utilizarse contenedores de residuos estandarizados para recolectarlos.

Otros aspectos:

Es necesario contar con pruebas y certificaciones de que los componentes técnicos para hacer mediciones y registrar la información están asegurados contra manipulaciones externas y que están oficialmente calibrados (En Alemania se realiza a través de la certificación dada por "Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik – BSI").

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Amplia aplicación, especialmente en zonas residenciales rurales y de fácil implementación ya que no se necesitan costes logísticos y estructurales adicionales en el sistema de recolección.

Condiciones climáticas:

Sin limitaciones

DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	<p>Un sistema de identificación de contenedores (Residuos) es un sistema donde información correspondiente a un contenedor son registrados (electrónicamente) durante el proceso de recolección de residuos y luego, son procesados para un control del recorrido de recolección y/o para aplicar un sistema de facturación basado en el principio “pago por generación”. Su funcionamiento se basa en que la información relacionada al contenedor (ubicación, dueño, volumen, etc.) es almacenada en un dispositivo agregado al contenedor y son transferidos a una unidad de a bordo de registro del vehículo recolector durante el proceso de vaciamiento del contenedor. Luego, la información recolectada puede ser sincronizada con otra información relevante del proceso como el peso de la basura recolectada. Los siguientes objetivos pueden ser alcanzadas con la aplicación de un sistema de identificación de residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Facturación individual relacionada con el número de vaciamentos y/o el peso. - Generación de pruebas de el servicio de recolección realizado/recibido. - Gestión de contenedores (evitando la recolección de residuos de usuarios que se rehúsan a pagar el servicio). - Gestión de flotas recolectoras y recorridos
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Contenedores de residuos estandarizados (ver hoja informativa: “Contenedor de residuos móvil”). - Instalación de los componentes técnicos necesarios en el contenedor, vehículo recolector y la disponibilidad de un instrumento de procesamiento adecuado (Por ej. Software)
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Los servicios de recolección y vaciado realizados pueden ser asignados a cada contenedor específico (por medio de los datos de ubicación y dueño) que permite la generación de una factura individual . - Se asegura que todos los usuarios del servicio de recolección paguen por el servicio recibido y aquellos que generen residuos de manera ilegal sean detectados y/o excluidos del servicio. (evitar gorriones) - La recolección de residuos tiene más control y esto facilita la planificación. - Es fácil de utilizar, requiere poco mantenimiento y no interfiere con las logísticas de recolección y transporte
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Inversión inicial relativamente alta y se necesitan esfuerzos iniciales para su instalación - Se necesita un marco legal apropiado para su aplicación y la protección de la inversión. (Por ej. Aclaración de la propiedad de los contenedores y otros componentes técnicos, el derecho a mantener registro de datos, etc.). - Necesidad de aplicar medidas que apoyen el funcionamiento del sistema. Por ej. Medidas que protejan el uso inadecuado de los contenedores de otras personas (cierre asegurado de contenedores)
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Un sistema de identificación de contenedores está formado por los siguientes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transpondedor; alternativamente código de barras (stickers) - Dispositivo lector de datos - Computadora de a bordo (registro de información) - Dispositivo para la transferencia de datos, por ej. por GPRS - Si es necesario, dispositivo para transportar información (Por ej. USB-Stick,) - Computadora con software (procesamiento de datos) <p>Para llevar a cabo la identificación debe incorporarse a los contenedores un dispositivo para transmitir información (transpondedor o código de barras). Esta información es única y no confidencial. Durante el vaciado del contenedor, esta información es transferida a la computadora de a bordo por medio de un dispositivo lector de datos. Opcionalmente, pueden registrarse en paralelo, por medio de dispositivos especiales, información respecto</p>

al peso o el nivel de basura en el contenedor. El software del vehículo complementa esta información con la fecha y hora de recolección. Después de el recorrido de recolección, la información registrada es transmitida a la oficina de la comuna o de la empresa de gestión de residuos correspondiente. Estos datos son almacenados en una base central de datos. De ahí, estos datos pueden ser transmitidos regularmente a las autoridades correspondientes para realizar el proceso de facturación.

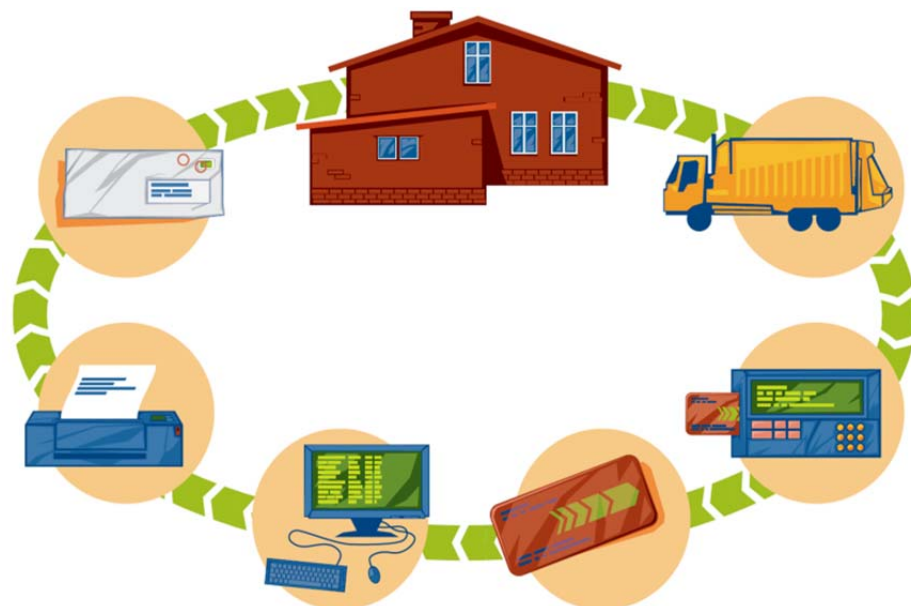
Ciertos parámetros de los transpondedores han sido unificados en Alemania para mayor confiabilidad y compatibilidad. (En Alemania ésto se realizó por medio de la creación de los estándares BDE, por ejemplo, los transpondedores trabajan con una frecuencia de 134.2 kHz, la memoria es del tipo “sólo lectura”, y el código de identificación es de 128 bits y sigue una nomenclatura pre definida). La uniformidad del sistema dio lugar a una estabilización de los precios de mercado y aumentó la funcionalidad de todo el sistema.

Figura 18: Transpondedor con un chip en un contenedor de residuos móvil (izq.) y computadora de a bordo en la cabina de un vehículo recolector (der.) (Fuente imagen izq. : c-trace GmbH, www.c-trace.de/ / Fuente imagen derecha. : Harald Heinritz, www.abfallbild.de/)



La unidad de identificación (lector de datos) en el vehículo recolector consiste en una antena que activa al transpondedor y recibe su datos, y un elemento de procesamiento que decodifica la información recibida del transpondedor. El proceso de identificación y transferencia de datos del contenedor al lector, también, con la ayuda de un escáner (código de barras). El almacenamiento de datos y el control de todo el proceso durante el recorrido de recolección es realizado por una computadora de a bordo. La transferencia de los datos para el procesamiento final de datos se realiza por medio de tarjetas SIM o un transportador de datos. El proceso completo puede ilustrarse como sigue:

Figura 19: Esquema de un sistema de identificación de contenedores de residuos.



	<ol style="list-style-type: none"> 1) El contenedor de residuos con un elemento de identificación (transpondedor o código de barras) es vaciado por un camión recolector. 2) La información de identificación del contenedor es transmitida durante el proceso de vaciado y almacenado por el ordenador de a bordo. Esta información es complementada con la fecha y hora de recogida. Además, puede medirse el peso de los residuos vaciados y también, almacenarse esta información. 3) Después de finalizado el recorrido de recolección, los datos se transmiten vía radio o disco a la oficina donde serán procesados. 4) Todos los datos relevantes para el control del proceso de recolección y para realizar la facturación individual, tales como contenedores vaciados y el peso de los residuos recolectados, son vinculados a la información de los usuarios que ya se había almacenado en otras recorridas de recolección. Luego, toda la información junta será procesada por un software especial y se realizará un registro de los servicios recibidos por cada contenedor/usuario. 5) Por medio del software se evalúan los costos del servicio recibido y, eventualmente, se emitirá la factura correspondiente a pagar por el usuario
ASPECTOS CUANTITATIVOS	Introducir un sistema de identificación de contenedores, generalmente, resulta en un mucho mejor comportamiento de los usuarios con respecto a la producción y separación de residuos en la fuente de emisión. Este cambio de comportamiento en que se aplica un mayor recargo por la recolección de residuos no reciclables mientras para los residuos reciclables puede aplicarse un recargo menor o, incluso, de valor 0. Los sistemas de identificación no son el principal instrumento de aplicación, pero si apoyan fuertemente el método “pago por generación”. Según experiencias internacionales, puede reducirse el rechazo de residuos más de un 20% (incluso hasta un 50%). Además, habría mas personas pagando el tratamiento de residuos, ya que, los contenedores no registrados y los gorriones serían detectados.
ALCANCE	No hay límites para el tamaño del área en la cuál se aplica el sistema.
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	El sistema se puede aplicar, prácticamente, a todos los vehículos recolectores. Sistemas de pesaje dinámicos pueden ser integrados a todos los tipos de elevadores modernos.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
BALANCE DE CO ₂	- Por medio de la optimización de la recolección ,a la cual da lugar el sistema de identificación de contenedores, se logra una reducción del número de vaciados y, por lo tanto, una reducción en las emisiones de CO/CO ₂ .
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	- Ninguno, aparte de los ya mencionados
RECURSOS HUMANOS	- No es necesario incluir personal extra en los procesos de recogida, solo los necesarios para el procesamiento y la administración de la información y para el mantenimiento del sistema.
ESPACIO REQUERIDO	- No se necesita espacio adicional

PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	<p>Costos figurativos para la instalación de un sistema de identificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transpondedor : 1,00 EUR/unidad - Lector de datos y ordenador de a bordo: 6,000–8,000 EUR por vehículo - Dispositivos de pesaje dinámico: 16,000–20,000 EUR por vehículo - Lector de mano: 1,000 EUR/unidad - Ordenador para procesamiento de datos, incluyendo software: 8.000 EUR - Instalación: 3 EUR/contenedor hasta 240 l, 10 EUR/contenedor hasta 1.100 l - Gestión del proyecto 10.000 EUR
COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Reparación y mantenimiento: alrededor de 7% de la inversión - Transmisión de datos vía GPRS: 12–15 EUR por vehículo por mes
INGRESOS / FINANCIAMIENTO POSIBLES	<ul style="list-style-type: none"> - Ahorros por la reducción de residuos no reciclables que deben ser tratados y la posible reducción del número de recogidas. - Con la facturación individualizada de los servicios de recolección, más usuarios del servicio pagarían por el (Se estima que en Europa se vacían un 10 % de contenedores ilegales o correspondientes a personas que se rehúsan a pagar.) - Ahorros por la aplicación de recorridos de recolección más eficientes.
COSTOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Costo adicional de 5/7 Euros por tonelada de residuos recolectados.
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	<p>Se ha probado, por varios años ya, la efectividad de estos sistemas. Hoy en día, más de 20 millones de contenedores de residuos en Alemania cuentan con un transpondedor para la identificación de los mismos. Y muchas autoridades y municipios este sistema para la generación de facturas por los servicios de recolección de residuos y para monitorear y optimizar el proceso de recolección de manera continua.</p>
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	<p>Algunos proveedores de sistemas de identificación de contenedores en Alemania son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MOBA Mobile Automation GmbH, Dresden www.moba.de - c-trace GmbH, Bielefeld www.c-trace.de - Envicomp Systemlogistik GmbH & Co. KG, Bielefeld-Herford www.sulo.com - WasteWatcher.NET GmbH, Duisburg www.wastewatcher.info - Sywatec Logistic GmbH, Dieburg www.sywatec.de
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<p><u>Normas – estándares:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN EN 14803:2006-05: Identificación y determinación de cantidades de residuos. <p><u>Organizaciones y fuentes competentes donde obtener más información:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - BDE-VKU Arbeitskreis „Mobile IT-Systeme“ www.bde.de/themen/logistik/mobile-it-systeme/ - Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik www.bsi.bund.de - Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) www.ptb.de 	

SEMIREMOLQUE CON PISO MÓVIL

FUNCIÓN, OBJETIVOS - Transporte de larga distancia de residuos.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrios	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel / Cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas	X	Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	X
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos					
Otro tipo de residuos					

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

No. Eventualmente una preclasificación y separación de residuos puede reducir costos de carga y transporte

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

No depende del tipo de transporte

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Debe disponerse de la infraestructura adecuada (por ej. Suelo estable y compacto) con suficiente espacio para maniobrar el contenedor y poder realizar la carga y descarga de los residuos transportados de manera segura. Después, no hay otros elementos o instalaciones necesarias.

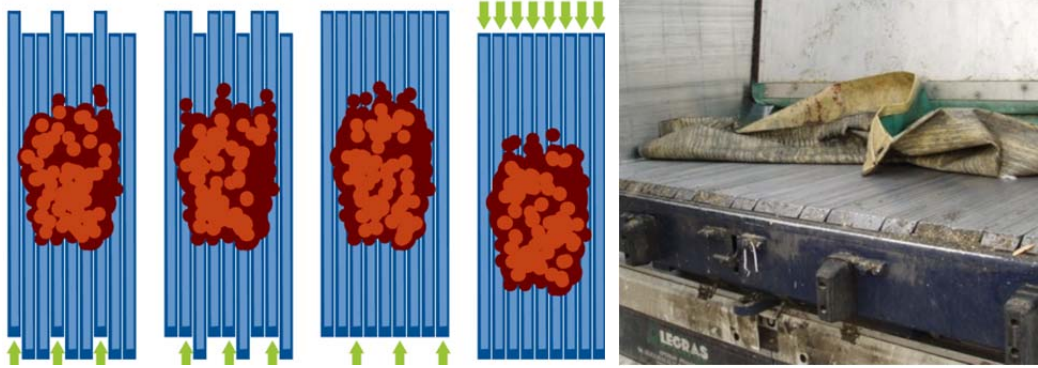
Condiciones climáticas:

Sin limitaciones pero las calles por donde se desplazará el tráiler deben estar siempre aptas para ello.

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN	Este sistema de transporte de residuos es adecuado para cubrir largas distancias entre las instalaciones de recolección y las de tratamiento y disposición. La carga de residuos en los semiremolques con piso móvil se realiza en <u>estaciones de transferencia</u> . Gracias a el piso móvil, la descarga se puede realizar sin ningún tipo de apoyo externo. En contraste con otros medios de transporte de residuos que también permiten realizar la descarga sin apoyo externo, como las cajas móviles (ver hoja informativa: " <u>Caja móvil</u> "), un semiremolque con piso móvil puede transportar mayor cantidad de residuos en términos de masa y volumen
REQUISITOS BÁSICOS	- Los residuos transportados deben ser aptos para el sistema de piso móvil (por ej. Sin líquidos, sin polvos o residuos arenosos). Los residuos particularmente pesados deben ser apartados de los residuos transportados ya que pueden dañar el sistema mecánico.
VENTAJAS PARTICULARES	- Bajos costos específicos de transporte debido a la gran capacidad de carga. - Los residuos pueden ser descargados fácil y rápidamente del semiremolque sin ninguna intervención externa.

<p>DESVENTAJAS PARTICULARES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de daños en la mecánica del sistema causados por elementos muy pesados - Vida útil más corta, en comparación con otras formas de transporte, si se les da un uso intensivo - Sin sistemas de compactación de la carga
<p>DETALLES DE USO</p>	
<p>DESCRIPCIÓN TÉCNICA</p>	<p>El sistema de piso móvil se basa el principio de fricción entre la carga y el piso del remolque. El piso, con un ancho estandarizado de 2,50 m, está formado, en general, por 21 perfiles de aluminio. Estos perfiles se dividen en 3 grupos de 7. Cuando todos los perfiles se mueven al mismo tiempo la carga se transporta pero cuando cada grupo se mueve sucesivamente la carga permanece inmóvil. Este ciclo se repite hasta el final del proceso de descarga.</p> <p>Figura 20: Funcionamiento del piso móvil (izquierda) y vista de los perfiles de aluminio de un piso móvil (derecha) (Fuente de imágenes: Intecus GmbH)</p>  <p>Los fabricantes de estos sistema suelen ofrecer modelos de piso móvil y semiremolques adaptados para distintas situaciones. Por ej. Perfiles del suelo reforzados. Para el transporte de los semiremolques se pueden utilizar los mismos camiones que para el transporte de semiremolques ordinarios.</p>
<p>CAPACIDAD DE CARGA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Peso neto: 8 Tn para los semiremolques y 7 Tn para el camión, aproximadamente. - Carga admisible: aprox 25 Tn (para un peso total del camión y semiremolque de 40 Tn) - Volumen de carga: 90 m³. aprox. - Tiempo de descarga: dependiendo del material entre 10 y 30 min.
<p>ALCANCE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Largo: 13,5 m aprox. - Ancho: 2,5 m aprox. - Alto: max. 4 m (solo el contenedor) aprox.
<p>INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esta tecnología puede ser usada en conjunto con la mayoría de los procesos estandarizados de carga y descarga y aplicada en diferentes tipos de transporte.
<p>PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS</p>	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Como valor orientativo pueden considerarse el consumo de 40 litros de combustible cada 100 kilometros para las versiones básicas.
<p>BALANCE DE CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los transportes por carretera, incluido este, suelen tener un peor balance de CO₂ que los medios de transportes marítimos o vía tren.
<p>ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ninguno

RECURSOS HUMANOS	- 1 conductor
ESPACIO REQUERIDO	- Espacio de aparcamiento adecuado y, donde se realice la descarga, el espacio necesario para realizar las maniobras correspondientes con el semiremolque
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	- Semiremolque con piso móvil: alrededor de 50,000–70,000 Euro - Camión para semiremolques: 70,000–120,000 Euro
COSTOS DE OPERACIÓN	- Combustible: alrededor de 40 l cada 100 km - Reparación y mantenimiento: alrededor del 10% de la inversión por año , neumáticos y lubricantes - Sueldo del conductor
COSTOS ESPECÍFICOS	- Para un tramo de 250km con la carga completa los costos globales rondan los 15 euros por Tonelada
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	- Este sistema se utiliza en todo el mundo para el transporte de mercancías y de residuos.
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	Fabricantes y proveedores de esta tecnología y sus componentes en Alemania: - Schmitz Cargobull AG, Horstmar www.cargobull.com - F.X. MEILLER Fahrzeug- u. Maschinenfabrik-GmbH & Co KG, München www.meiller.com - Martin Reisch GmbH Fahrzeugbau, Ehekirchen-Hollenbach www.reisch-fahrzeugbau.de
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<u>Referencia de las normas aplicadas en alemania:</u> - Ladungssicherung: VDI-Richtlinie 2700, DIN-EN 12195-1	
<u>Organizaciones y fuentes competentes donde obtener más información:</u> - Verband der Arbeitsgeräte – und Kommunalfahrzeug- Industrie e.V., Berlin, www.vak-ev.de	

CONTENEDOR INTERCAMBIABLE – CAJA MÓVIL

FUNCIÓN, OBJETIVO: - Transporte de larga distancia de residuos

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrios	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel / Cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X
Lámparas	X	Textiles	X	Aparatos eléctricos y electrónicos	X
Chatarra	X	Maderas	X	Construcción / demolición	X
Aceites usados	X ⁵	Pinturas / Barnices	X ¹	Neumáticos usados	X
Residuos peligrosos	X ¹	Residuos líquidos/ semi líquidos o peligrosos en contenedores especiales			
Residuos industriales específicos	X				
Otros residuos	X				

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

En general, no necesario

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Ninguna limitación o dependencia en este medio de transporte

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Debe disponerse de la infraestructura adecuada (por ej. Suelo estable y compacto) con suficiente espacio para maniobrar el contenedor y poder realizar la carga y descarga de los residuos transportados de manera segura. Después, no hay otros elementos o instalaciones necesarias

Condiciones climáticas:

Sin limitaciones

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN	Las cajas móviles son utilizadas para transportar muchos tipos de bienes en largas distancias. Al contrario de las unidades de transporte que están fijas en el vehículo, éstas pueden ser intercambiadas de vehículo fácilmente, de manera que no es necesario cambiar los bienes transportados de una unidad de almacenamiento a otra. Debido a ésto, son especialmente adecuados para el transporte combinado con camiones, trenes y barcos. Estos tipos de contenedores son cada vez más utilizados para el transporte de residuos porque permiten el transporte de los mismo de manera encapsulada.
REQUISITOS BÁSICOS	- Vehículos con la estructura adecuada para el transporte de cajas móviles - Estaciones de transferencia con los equipos necesarios para manipular las cajas móvil
VENTAJAS ESPECÍFICAS	- Es una forma rentable de transportar residuos En contraste con vehículos con unidades de almacenamiento fijas: - Menos emisiones durante la cadena de transporte, sobretodo en procesos de recarga

⁵ En contenedores especiales


	<ul style="list-style-type: none"> - La descarga de los residuos puede llevarse a cabo por algunos vehículos sin intervenciones extras. - La transferencia entre vehículos se realiza más rápidamente - Permite el transporte encapsulado e incluso un almacenamiento temporal de residuos más largo. - Alta capacidad de carga por unidad de transporte
<p>DESVENTAJAS ESPECÍFICAS</p>	<p>En contraste con vehículos con unidades de almacenamiento fijas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Una eventual mayor inversión - La carga admisible puede estar limitada por los equipos para transferir las cajas móviles
<p>DETALLES DE USO</p>	
<p>DESCRIPCIÓN TÉCNICA</p>	<p>Las emisiones reducidas a lo largo de la cadena de transporta y la rápida transferencia entre distintos medios de transporte son los principales motivos ,por los cuales, los contenedores intercambiables son cada vez más utilizados para el transporte de residuos. Incluso entre algunos medios de transporte, la transferencia puede realizarse sin la ayuda de equipos extra como estaciones de transferencia.</p> <p>Para el manejo residuos sólidos urbanos se suelen utilizar los siguientes tipos de cajas móviles estandarizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compatible con sistemas de transporte de contenedores de gancho – ACTS. (ver hoja informativa: “<u>contenedor de gancho</u>”) - Sistema intercambiables para transportes por carreteras combinados (BDF – contenedor intercambiables) <p>Sin embargo , todavía pueden producirse problemas de compatibilidad debido a diferentes longitudes, cierres o conectores. Para residuos especiales (por ej. Lodos de depuradoras) pueden utilizarse contenedores de cadena. (Ver hoja informativa “ <u>Contenedores de cadena</u>”)</p> <p>Figura 21: Esquema del transporte por medio de contenedores intercambiables</p> 

Figura 22: Contenedores intercambiables en transportes de calle (izq. arriba y der. arriba) (Fuente de imagen izq. y der. arriba: Petra Hoeß, FABION Markt + Medien / www.abfallbild.de) / Estación de transferencia a barcos de contenedores intercambiables (izq. abajo) y tren con contenedores intercambiables con sistema ACTS (der. abajo) (Fuente de imagen izq. abajo: INTECUS GmbH / Fuente de imagen der. abajo: Autor: Priwo, Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“)



<p>CAPACIDAD DE CARGA</p>	<p>La capacidad de carga depende de varios factores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Volumen del contenedor (existen diferentes largos) - Máxima carga útil del vehículo transportador - Compresibilidad de los residuos - Contenedores intercambiables para vehículos recolectores pueden llevar cargas de entre 6 y 12 Tn de residuos
<p>ALCANCE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los contenedores intercambiables del tipo ACTS y de tipo BDF diseñados para camiones y trenes son de 2.4 m x 2.5 m (Ancho x altura). Mientras el largo varía de 4.5m a 12.2 m. Por lo que el volumen va desde los 20 a los 75 m³ - En vehículos recolectores, se utilizan contenedores intercambiables con un largo de entre 4.5 y 7m - Para el transporte de larga distancia se puede combinar dos o tres de estos contenedores. Los contenedores con un largo mayor a 7m se utilizan para transportes de larga distancia solamente, por ejemplo, en un camión para semiremolques.
<p>INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<p>Es conveniente, para el transporte de larga distancia de residuos con contenedores intercambiables, que los vehículos recolectores esten equipados con ellos. Si no, se necesitan estaciones de transferencia de residuos (ver hoja informativa: “Estaciones de transferencia”) para traspasar los residuos recolectados por vehículos con unidades de almacenamiento fijas a los contenedores intercambiables.</p> <p>Los contenedores intercambiables del tipo ACTS son normalmente compatibles con los mismos vehículos que pueden llevar contenedores tipo gancho (ver hoja informativa: “Contenedor tipo gancho”).</p>

PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	- Depende del sistema logístico empleado (camiones, trenes, barcos); sin embargo, debido a los menores esfuerzos de transferencia que se deben realizar, se esperan unos mejores balances que en los medios de transporte que usan procesos convencionales de transferencia de carga.
BALANCE DE CO ₂	
DISPOSITIVOS ADICIONALES NECESARIOS	- Depende del sistema de transporte utilizado (camiones, trenes, barcos).
RECURSOS HUMANOS	
ESPACIO REQUERIDO	
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACION: COSTOS	
INVERSIÓN	- 10.000 EUR aprox. Para un contenedor intercambiable. - 140.000 EUR aprox. Para un camión con remolque para 2 o 3 contenedores intercambiables.
COSTOS DE OPERACIÓN	- Depende fuertemente del tipo de transporte utilizado (Camiones, trenes, barcos).
COSTOS ESPECÍFICOS	- Depende fuertemente del tipo de transporte utilizado (Camiones, trenes, barcos).
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	Los sistemas de contenedores intercambiables está ampliamente aprobados en todo el mundo para el transporte de muchos bienes por camiones y trenes. Y también, es cada vez más popular su uso para el transporte de residuos. Empresas de gestión de residuos que transportan residuos contenedores intercambiables en trenes en Alemania son: - Gesellschaft Abfallwirtschaft Breisgau GmbH, Freiburg www.abfallwirtschaft-breisgau.de - Abfallwirtschaftsbetrieb IIm-Kreis www.aik.ilm-kreis.de - Zweckverband Abfallverwertung Südostbayern, Burgkirchen www.zas-burgkirchen.de
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	Fabricantes y proveedores de esta tecnología en Alemania son, por ejemplo: - Max Aicher Bischofswerda GmbH & Co. KG, Bischofswerda www.the-waste-profi.de - AWILOG-Transport GmbH, Oberriexingen, www.awilog.de <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i> Fabricantes de vehículos recolectores (ver, por ejemplo, hoja informativa: “ vehículo recolector de carga trasera ”) y sistemas de contenedores ofrecen vehículos recolectores con contenedores intercambiables.
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
<p><u>Referencia de las normas aplicadas en alemania:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DIN-EN 12195-1-6: Aseguración de la carga en vehículos de carretera - Seguridad <p><u>Organizaciones y fuentes competentes de donde obtener más información:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Verband der Arbeitsgeräte- und Kommunalfahrzeug- Industrie e.V., Berlin, www.vak-ev.de 	

ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS

FUNCIÓN, OBJETIVO: - Descarga y carga de residuos para su transporte de larga distancia.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	X	Residuos orgánicos	X
Papel / cartón	X	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra	X	Madera	X	Construcción / demolición	X
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	X
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos	X	En particular, residuos sólidos			
Otros residuos	X	En particular, residuos sólidos			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

En general no es necesario, pero algunos residuos pueden necesitar una reducción de volumen. Esto puede realizarse, por ejemplo, durante la recolección mediante la compactadora de los vehículos de carga lateral

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Debido a la compactación por algún pretratamiento o por los procesos de transferencia, puede resultar que sea más difícil lograr una separación de alta calidad.

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA APLICACIÓN

Infraestructura:

Las estaciones de transferencia deben contar con un buen acceso, independiente del clima y debe estar ubicado en un punto central con respecto a los puntos de recolección de residuos y el lugar de disposición.

Condiciones climáticas:

Para condiciones climáticas extremas, debe haber instalaciones para almacenar y proteger provisionalmente los residuos. Por estos motivos, las instalaciones de las estaciones de transferencia deben, en la medida de lo posible, estar bajo techo para controlar sus posibles emisiones.

DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

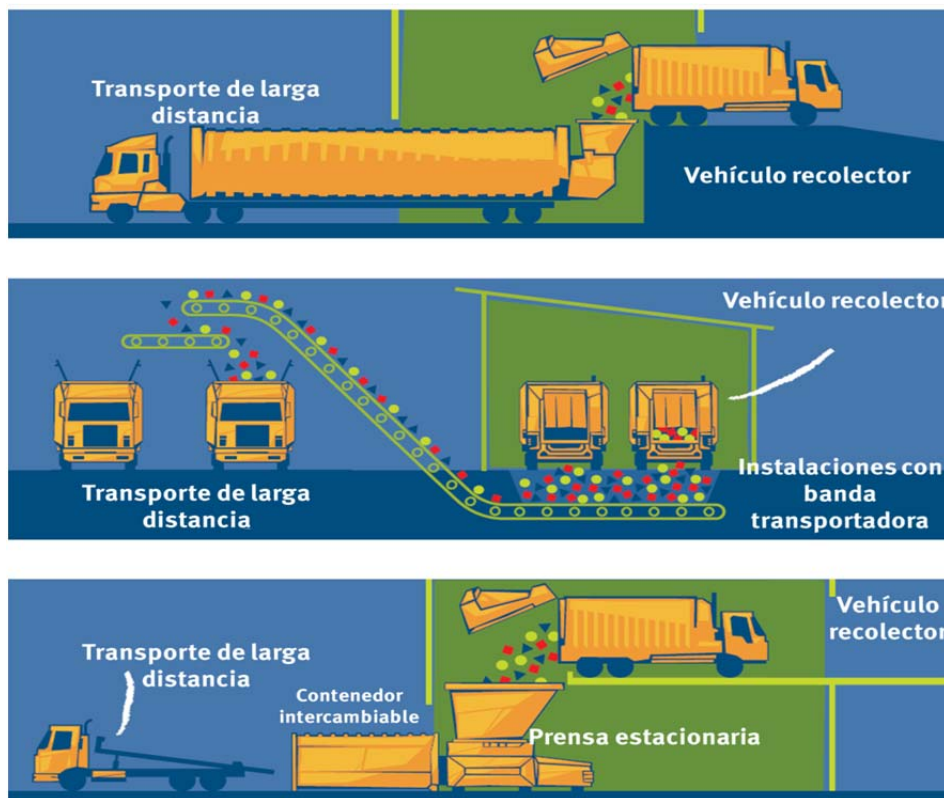
RESUMEN Las estaciones de transferencia combinan procesos y equipamientos técnicos para transferir residuos de vehículos de recolección a vehículos especiales para el transporte de larga distancia (camión, tren, barco). En la mayoría de los procesos de transferencias se realiza una compactación de los residuos. Los procesos de transferencia son adecuados cuando las plantas de tratamiento se encuentran lejos y el transporte de los residuos por medio de los vehículos de recolección es más caro que realizar el proceso de transferencia de los residuos y transportarlos con un vehículo para transportes de larga distancia. Las plantas de transferencia deben tener buen acceso a las vías de comunicación. Deben ser instaladas en zonas que le permitan diseñar una buena logística considerando los puntos de recolección y disposición.

REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - La instalación de dichas instalaciones debe estar autorizada y certificada debido al impacto ambiental que implican. (ruidos, olores, emisiones, etc.) las operaciones de transferencia - Se necesita un buen desarrollo de infraestructura que permita la conexión a adecuadas infraestructuras de transporte (Vías de comunicación relevantes)
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Con las estaciones de transferencia, los vehículos recolectores se pueden utilizar con mayor eficiencia minimizando los viajes que realizan para transportar residuos. - El transporte de larga distancia, con vehículos especiales, es más rentable debido la mayor capacidad de carga de éstos vehículos que los vehículos que se utilizan para la recolección. La carga transportada depende del vehículo de transporte y puede incrementarse por medio de sistemas de compactación de residuos
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Costos adicionales por la instalación y la operación de la estación de transferencia. - Mayor movimiento de vehículos en las zonas donde opera la estación, así como mayor posibilidad de ocasionar ruidos y olores molestos.
DETALLES DE APLICACIÓN	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Las estaciones de transferencia pueden ser muy diferentes dependiendo el contexto de su uso. Criterios básicos para su diseño son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipos de vehículos de recolección y vehículos para el transporte de larga distancia. <ol style="list-style-type: none"> a) Vehículos con contenedores intercambiables o estructuras de almacenamiento fijas. b) Para el transporte de larga distancias pueden utilizarse trenes o barcos, para los cuales se necesitan las vías de acceso adecuadas. - Transferencia con o sin compactación. <p>Antes de realizar la carga de los vehículos de larga distancia, es posible realizar una compactación de los residuos en prensas estacionarias o en prensas que están equipadas en el mismo vehículo de transporte.</p> <p>En el caso más simple, las estaciones de transferencias consisten sólo en una zona pavimentada donde los contenedores intercambiables (Ver hoja informativa “Caja móvil”) de los vehículos recolectores son transferidos al vehículo de transporte correspondiente. Hay diferentes sistemas para la transferencia de los contenedores. En algunos no se necesitan equipos adicionales y en otros es necesario el uso de equipos técnicos como grúas, rampas, etc.</p> <p>Los vehículos recolectores con estructuras fijas deben descargar su contenido en la estación de transferencia. Esto también se aplica a las cajas móviles cuando éstas no son cargadas en el vehículo de transporte de larga distancia. La descarga puede realizarse en un suelo nivelado y luego, los residuos pueden ser cargados por medio de algún medio mecánico como excavadoras, cargadoras o cintas transportadoras. Otra opción es realizar la descarga en una rampa donde los residuos son descargados directamente en el transporte de larga distancia, ya sea en contenedores abiertos o en la tolva de los equipos de compactación. En la figura 1 se presentan algunos ejemplos de estaciones de transferencia donde los vehículos recolectores vacían su contenido.</p> <p>En las estaciones de transferencia para trenes y barcos se utiliza la misma tecnología que en las estaciones de trasbordo de trenes de carretera (camión articulado) excepto que se debe disponer de las vías de tren o vías navegables adecuadas. Lo mismo se aplica para el lugar de destino. Las cantidades de residuos transportadas por tren o barco deben ser , en general, mayor que en los trenes de carreteras para que sea viable económicamente. El transporte en tren o en barco tiene muchas limitaciones logísticas y económicas por lo que se usan en pocas situaciones. En el caso de contenedores intercambiables, existen vagones especiales en los cuales los contenedores pueden ser cargados directamente desde el vehículo recolector sin la necesidad equipos adicionales.</p> <p>Si una compactación es conveniente, depende principalmente del costo que significa la compactación y los ahorros que se esperan obtener al aumentar la capacidad de carga del</p>

transporte de larga distancia. Además, pueden ser útil en una estación de transferencia los siguientes equipos especiales:

- Báscula para el pesaje de los vehículos para registrar la cantidad de residuos.
- Área para el almacenamiento provisional o contenedores especiales para los residuos.
- Punto de recepción de residuos para un sistema de entrega.

Figura 23: Ejemplos de estaciones de transferencia donde los vehículos recolectores son vaciados.



FLUJO DE MATERIALES	En las estaciones de transferencia, dependiendo de los costos en personal y tecnología, debe asegurarse un flujo mínimo de materiales para asegurar su viabilidad económica. Por lo que el tamaño de la estación debe ajustarse a la cantidad de residuos que se tratarán.
ALCANCE	Las estaciones de transferencia son adaptables a las circunstancias y necesidades específicas de cada situación. Por lo general, las solicitudes se expresan con respecto al área y al personal necesario.
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	La integración de las estaciones de transferencia en la cadena de transporte puede hacerse en cualquier punto. Además, su diseño es flexible, lo que permite que se adapten a la infraestructura existente y los métodos de recolección y transporte disponibles.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	- Equipos técnicos (por ejemplo: Grúas, pinzas, prensas, cintas transportadoras) dependiendo del diseño de la estación de transferencia.
RECURSOS HUMANOS Y ESPACIO REQUERIDOS	Se presentan 3 ejemplos para considerar los costos de una estación de transferencia con un flujo de 30.000 t/a y un transporte de larga distancia con trenes: 1) Transferencia directa de cajas móviles del los vehículos recolectores a los medios de transporte de larga distancia, sin equipos adicionales. - Solo se necesita un área adecuada - Los conductores de los vehículos de recolección y transporte de larga distancia pueden gestionar la transferencia.

	<p>2) Transferencia desde vehículos recolectores con estructuras de almacenamiento fijas a transportes de larga distancia, sin realizar una compactación de residuos</p> <ul style="list-style-type: none"> - La transferencia se realiza a través del vaciado del vehículo recolector directamente en el transporte de larga distancia, por medio de una rampa especialmente diseñada. - La estación de transferencia se encuentra en una sala/galpón - Se necesitan 2 personas para que controlen el proceso de transferencia <p>3) Transferencia desde vehículos recolectores con estructura de almacenamiento fija en contenedores cerrados, incluyendo una compactación de los residuos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La transferencia de los residuos desde el vehículo recolector al equipo de compactación se realiza por medio de cargadoras, excavadoras o un embudo - Por medio de un equipo de compactación los residuos son compactados y colocados dentro del contenedor cerrado. - Se necesitan como mínimo 4 personas para realizar y controlar el proceso
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN Y COSTOS DE OPERACIÓN	<p>Amortización de la inversión y costos de operación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para el Ej. 1) desde 10.000 EUR/a - Para el Ej. 2) 250.000–350.000 EUR/a más el sueldo de 2 empleados y costos de infraestructura. - Para el Ej. 3) 300.000–450.000 EUR/a más el sueldo de 4 empleados y costos de infraestructura. <p>No se consideran las diferencias de costos en los vehículos de recolección y de transporte de larga distancia. En general, los costos están entre 1,0-5,0 Millones de euros.</p>
COSTOS ESPECÍFICOS	- 0,1 a 15 EUR/t
OTROS ASPECTOS RELEVANTES	
SEGURIDAD LABORAL	<p>Deben considerarse aspectos especiales del seguro laboral y las condiciones de trabajo cuando se trabaja en estaciones de transferencia de residuos. En Alemania, entre otras, existe la siguiente norma:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „GUV-regel 238-1: Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten der Abfallwirtschaft, Teil 1: Sammlung und Transport von Abfall – „ que significa: „Norma – GUV 238-1: seguridad y cuidado de la salud en trabajos relacionados con la gestión de residuos, Parte 1: Recolección y transporte de residuos“
OTROS DETALLES	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	<p>Las estaciones de transferencia pueden encontrarse en todo el mundo y en grandes cantidades. Algunos ejemplos, en Alemania, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zweckverband Abfallwirtschaft Oberes Elbtal www.zaoe.de - Zweckverband Müllverwertung Schwandorf http://z-m-s.de/muellanlieferung - Waste transfer station components & design (solutions of Werner & Weber Germany GmbH) www.werner-weber.com/upload/file/TransferStations-FN-10_2014_v02.pdf
<i>(Nota: La siguiente lista no es una lista completa)</i>	
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS	Para instalar una estación de transferencia no se necesitan proveedores especiales. Pueden ser montadas por empresas constructoras, por ejemplo, de galpones así como por empresas proveedoras de equipos para la transferencia.

Preparación, tratamiento y aprovechamiento de residuos urbanos

Introducción al tema

Los residuos se caracterizan por una gran variedad de materias y materiales. Su mero vertido en vertederos constituye tanto una gran pérdida de valiosos recursos (sobre todo de recursos de materiales, pero también de terreno), como también un alto impacto para el medio ambiente. Por esta razón, la legislación europea relativa a los residuos se basa en un claro orden de prioridades, en el cual en el primer lugar del tratamiento de los residuos está su preparación para su reutilización y, de no ser posible, el reciclaje. Solo a partir del momento en que se llegue a límites prácticos en la puesta en práctica de estos principios se deben perseguir otras formas del aprovechamiento, por ej. también una utilización energética; el depósito en vertederos organizados debe ser únicamente el último medio para una eliminación segura de residuos. Este concepto es impulsado también por la idea de que un aprovechamiento específico de las sustancias y los materiales de los residuos incluye siempre también un importante componente social y económico. La separación y preparación de residuos en distintas fracciones de materiales abren un alto potencial de ocupación, llevan a la formación de un sector económico autónomo, facilitando además la eliminación de los residuos sin grandes riesgos para el medio ambiente y la salud humana. Todavía existen en todas partes del mundo ejemplos, en los cuales la existencia de esta importante relación de interdependencia se manifiesta en un modo trágico. De este modo, hasta el día de hoy están a la orden del día enfermedades y epidemias letales en aquellos lugares, en los cuales los residuos todavía se vierten en forma descontrolada en zonas de asentamiento o en corrientes de agua, donde la gente se ve obligada a buscar su sustento en los desperdicios y donde, por diversos motivos, falta cualquier tipo de almacenamiento organizado y tratamiento de residuos.

Una estrategia sustentable y exitosa en forma duradera en materia de gestión de residuos se vale de un planteamiento integral, a fin de poder garantizar la mayor posible seguridad medioambiental en la manipulación de los residuos, obteniendo el mejor posible beneficio económico de los distintos componentes de los residuos. En todos los

planteamientos integrales se considera una mezcla de diferentes opciones de tratamiento y uso. La magnitud del espectro de opciones disponibles y cuáles de ellas se aplicarán finalmente, dependen en gran medida de los objetivos respectivamente planteados y de muchos factores específicos de la localidad. Los objetivos y las normas a cumplir pueden encontrarse ya prescritos en un determinado marco legal (como por ej. el marco para los Estados miembros de la UE) o en las correspondientes leyes nacionales, pero también pueden ser determinados por los planificadores de estrategias y los responsables de tomar decisiones en situ.

Distintos procedimientos y procesos técnicos constituyen el fundamento para una gestión integral de los residuos recolectados. Entre ellos se encuentran en primer lugar diferentes procesos de preparación, reciclaje y tratamiento (fichas de datos relativas a la „Preparación“, al „Reciclaje de materiales“, a la „Estabilización“, así como al „Tratamiento previo de residuos“), la transformación térmica de residuos con y sin generación de energía como una combinación de aprovechamiento y tratamiento previo (ficha de datos „Incineración“,) pero también los procesos de almacenamiento necesarios y la deposición segura de los desechos restantes (ficha de datos „Depósito“). En un sistema de explotación ideal de residuos, las distintas posibilidades de procesamiento y los diferentes procesos de tratamiento se complementarían en forma óptima y tendrían como resultado una gestión de residuos integral, tal como lo ilustra a modo de ejemplo el esquema de la Figura 1.

Recuperación de materiales de los residuos

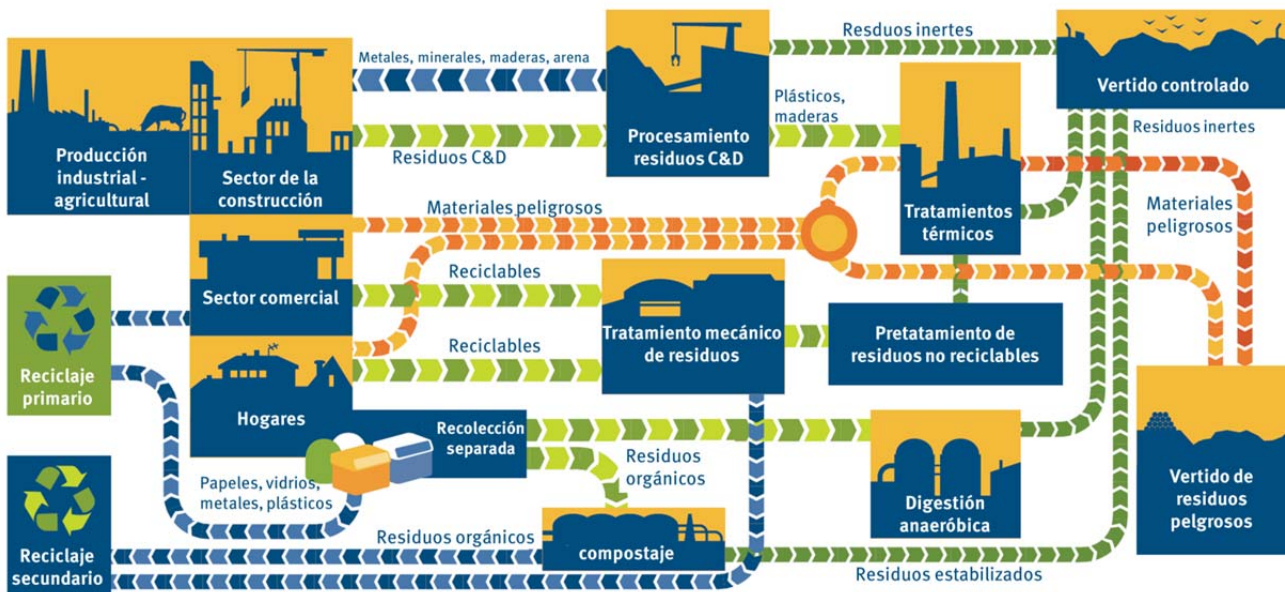
El *reciclaje* y la utilización de sustancias aprovechables de los residuos son elementos clave para reducir la cantidad total y la necesidad de tratamiento de los residuos, que constituyen los objetivos esenciales de la gestión de residuos. En ello, la tarea primordial consiste en recuperar de los residuos los materiales aprovechables para su uso posterior.

Mucho de lo que se ha convertido en residuo ha conservado, pese a su uso anterior, un valor en lo que respecta a la materia (prima) y / o posee características que permiten un uso como materia prima secundaria en la fabricación de productos nuevos o como sustituto para materiales escasos. Para ello es necesario extraer los materiales del resto del flujo de residuos y recuperarlos en forma

individual. Por último, para la reutilización o la utilización material se requiere de cierto grado de pureza. Tanto la separación de los distintos materiales utilizables del resto del flujo de residuos, como también su recuperación en forma de

fracciones de materiales suficientemente descontaminadas para su uso posterior, pueden ser realizadas por medio de una **clasificación y preparación de residuos**.

Figura 1: Esquema modelo para una gestión de residuos optimizada bajo condiciones marco ideales (modificado según Koch,T., Seeberger. J.: Ökologische Müllverwertung. 1984)



La separación / clasificación de los distintos materiales de los residuos pueden llevarse a cabo, por un lado, directamente en el lugar donde surgen, es decir, donde los generadores de los residuos, y por otro lado, también mediante procedimientos industriales. No solo la industria se beneficia de las materias primas secundarias recuperadas de los residuos, sino que también el mismo generador de ellos e incluso la comuna, en la cual él vive. Habiendo las condiciones marco adecuadas, para el generador de los residuos existe mediante la separación de los residuos la posibilidad de reducir las tarifas que de lo contrario tendría que pagar por la eliminación de residuos mixtos. La comuna, por su parte, puede ahorrar espacio para vertederos en conformidad con la menor cantidad de residuos producidos a eliminar y, en su caso, incluso obtener ingresos mediante la venta de los materiales secundarios separados.

Como materiales recolectados usualmente en forma selectiva en el ámbito doméstico e industrial, existe una necesidad especial de preparación a fines del aprovechamiento posterior sobre todo para los siguientes grupos de materias:

- ▶ papel

- ▶ vidrio y
- ▶ materiales de envases.

Para ello se pueden aplicar procesos de preparación de distintos tipos y combinaciones de procedimientos. El objetivo principal de cada proceso de preparación es la generación de fracciones de materias que puedan ser llevadas directamente al reciclaje. En este sentido, la tarea esencial consiste en la extracción de impurezas y otras materias que impiden el reciclaje o que lo harían imposible. Para ello se recurre a su vez a técnicas de clasificación y separación. La intensidad con la que finalmente se hará la preparación depende de la calidad de la fracción de reciclaje que se quiera obtener (por ej. fraccionamiento en distintas calidades de papel con diferentes porcentajes de papel ajeno), la que a su vez se determina por la demanda en el mercado, la situación de precios y las ganancias estimadas por la venta de las distintas fracciones de materias.

No es posible nombrar y describir aquí todas las combinaciones de procesos y procedimientos de preparación aptos para los residuos recolectados. Las siguientes tres configuraciones fundamentales de

procedimientos ilustran a modo de ejemplo la variedad de las opciones técnicas para la preparación de residuos reciclables.

- ▶ La „*configuración de procedimiento simple (configuración básica)*” se caracteriza por un grado de automatización muy bajo y pocos medios auxiliares técnicos, ofrece en cambio un gran potencial de posibilidades de ocupación.
- ▶ La „*configuración avanzada o ampliada*” dispone de un grado de automatización mayor y de más equipamiento con máquinas en comparación con el esquema anterior, reduciéndose con ello también proporcionalmente los gastos de personal.
- ▶ Las „*configuraciones con alto grado de tecnicidad*” abarcan en particular procesos y técnicas que se desarrollan especialmente con el objetivo de obtener un amplio grado de automatización y optimización en la preparación, con miras a los requerimientos especiales del respectivo comprador o del mercado. A menudo se trata de soluciones especiales, que en parte requieren de inversiones muy altas y que no pueden ser adoptadas sencillamente en otros campos, porque posiblemente no serían eficientes o fiables bajo otras condiciones.

Papel

Para poder obtener un material base bueno y de alta calidad, el papel usado proveniente de hogares particulares debe ser separado en lo posible ya en el lugar mismo y en todo caso ser recolectado en forma selectiva de otros flujos de residuos, en especial de desechos húmedos, aceitosos y/o biológicos. La posibilidad más sencilla consiste en recolectar papel gráfico y no gráfico mezclados, pero separados de otros tipos de residuos. Por otra parte, la recolección selectiva de papeles gráficos y no gráficos es el mejor camino para poder comercializar el papel recolectado a altos precios y al mismo tiempo posibilitar un reciclaje de alta calidad del papel.

Como método relativamente sencillo para la recolección en los hogares del papel usado ha demostrado ser adecuado el sistema de entrega con contenedores de depósito colocados en puntos centrales (véase ficha de datos „*Contenedores de depósito*”). Modificaciones especiales del orificio para insertar el papel contribuyen a reducir el porcentaje de componentes no deseados y de potenciales impurezas en

el material recolectado. La recolección es posible también mediante el sistema de recogida con ayuda de distintos recipientes de recolección (véase ficha de datos „*Recipientes de recolección móviles*”), o mediante la recogida de los atados de papel colocados al borde de la calle. Esta recolección por atados o con contenedores de depósito marcados en forma especial para ello se apropia especialmente bien para recopilar papel gráfico y no gráfico en forma separada.

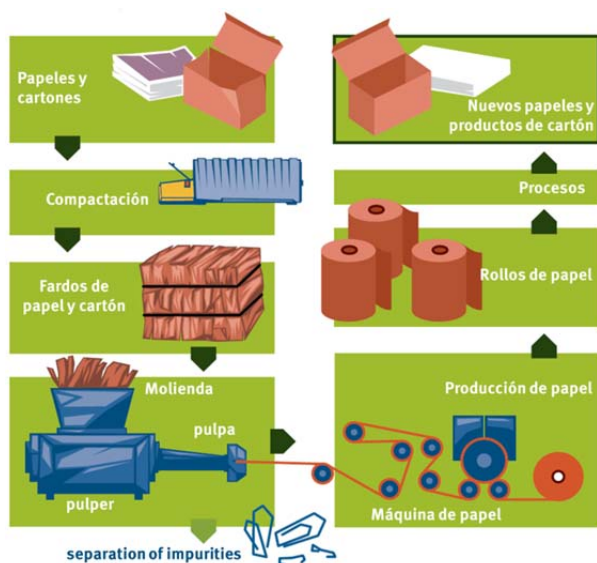
Junto con el papel recogido generado en centros industriales, este papel se prepara en las instalaciones de clasificación conforme a sus calidades. Las calidades más importantes según la lista europea de calidades estándar de papel y cartón para reciclar son:

- ▶ Mezcla de papel (1.02)
- ▶ Envases de cartón ondulado y cartulina (1.04)
- ▶ Papel gráfico clasificado para destintar (1.11)
- ▶ Periódicos (2.01)

La lista europea de calidades estándar de papel y cartón para reciclar contiene una especificación exacta de estos y otros tipos / calidades de papel ([European list of standard grades of paper and board for recycling EN 643:2014](#)).

El grupo “mezcla de papel” puede contener después de la clasificación diferentes tipos de papel y cartón, así como un porcentaje de periódicos máximo del 40 %. La intensidad y pureza de la clasificación pueden ser adaptadas a la demanda actual y a la situación de precios en el mercado sobre la base de este estándar. Datos respecto a la situación de los precios en el mercado en el último decenio se encuentran en la ficha de datos relativa a la clasificación de residuos de papel (véase ficha de datos „*Clasificación y preparación de residuos de papel*”). Las características de los clientes en el entorno (por ej. la existencia de productores de determinadas calidades de papel) tienen una influencia no poco importante sobre las calidades que se produzcan en la clasificación.

Figura 2: Reciclaje de residuos de papel



En Europa, los costes para la recogida de papel y su puesta a disposición para el reciclaje se encuentran en el rango entre 60 y 150 euros por Mg (fuente: EcoPaperLoop, 2014).

Vidrio

Para facilitar un reciclaje de alta calidad e interesante desde el punto de vista económico del vidrio proveniente de los hogares, es de gran ventaja recolectar el vidrio en forma selectiva según su color en el lugar de su generación. Para la separación por colores se usa una clasificación en verde, marrón (o de varios colores), así como blanco o transparente. Para cada uno de estos colores se debe poner a disposición un recipiente de recolección propio. Sin embargo, si se tienen a disposición solo formas de aprovechamiento sencillas o las exigencias a la calidad del vidrio son bajas, es posible también hacer una recolección con todos los colores mezclados. No obstante, en la recolección de vidrios provenientes de hogares deben excluirse en forma consecuente aquellas calidades de vidrio, que no pertenecen al ámbito de los envases (por ej. vidrio plano, vidrio de seguridad etc.). Estos residuos de vidrio pueden ser recolectados con otras variantes de recopilación (por ej. recolección de residuos voluminosos, a través de puntos públicos de recogida).

Como métodos especialmente apropiados para la recolección de residuos de vidrio provenientes de los hogares han demostrado ser el sistema de entrega con contenedores de depósito colocados en puntos centrales (véase ficha de datos „Contenedores de depósito”) o recipientes de recolección móviles de mayores dimensiones (1,1 m³) (véase ficha de datos „Recipientes

de recolección móviles”). Modificaciones especiales de los orificios para insertar el vidrio contribuyen a reducir el porcentaje de materias no deseadas y de potenciales impurezas en el material recolectado.

La preparación selectiva según el color del vidrio debe considerarse como el estándar aconsejable. Vidrio claro, es decir transparente, posee la mejor comerciabilidad debido a sus múltiples posibilidades de uso y permite fabricar de nuevo vidrio transparente. Mezclas de vidrios de distintos colores pueden ser utilizadas sin necesidad de una separación mayor en la industria productora de vidrio solo para productos de vidrio oscuros. Por esta razón, la clasificación es estándar en sistemas modernos. Una recopilación selectiva por colores permite procesos de clasificación casi completamente automatizados.

Figura 3: Proceso del reciclaje de residuos de vidrio



Estos procedimientos de preparación automatizados se distinguen sobre todo en lo que respecta al número de las líneas instaladas para expulsar componentes inertes no deseados, como piedras, cerámica etc., así como para mejorar la pureza del color. En procesos que disponen de una sola línea, los componentes no deseados se separan mediante un solo paso de cribado, mientras que en instalaciones con varias líneas se realizan varios pasos de cribado con distintos tamaños de, por ejemplo, < 15 mm, 15–30 mm, 30–60 mm y > 60 mm (véase ficha de datos „Clasificación y preparación de residuos de vidrio”)

La industria del vidrio se beneficia en particular en dos formas del reciclaje del vidrio: por la sustitución de

materias primas primarias y por la menor energía específica requerida para derretir los desechos de vidrio. Sin embargo, requisitos indispensables para ello son una alta pureza en lo que respecta al color y a la materia, al igual que la separación de los distintos tipos de vidrio (vidrio de envases / vidrio plano). Sistemas de devolución para vidrio usado pueden apoyar bastante una recopilación limpia y suficiente desde el punto de vista de la cantidad. En Alemania, los costes para la recogida del vidrio y su puesta a disposición para el reciclaje en la industria del vidrio se encuentran aproximadamente en el rango entre 50 y 100 euros por Mg (nivel de precios en el año 2008).

Residuos de envases

Los materiales de envases ligeros que se producen en los hogares particulares pueden recolectarse en forma mixta. En el sistema de recogida pueden ser utilizados para ello sacos y bolsas (véase ficha de datos „Sacos y bolsas de residuos”) o recipientes de recolección móviles (véase ficha de datos „Recipientes de recolección móviles”), en el sistema de entrega se apropian contenedores de depósito (véase ficha de datos „Contenedores de depósito”). Una recolección selectiva de materiales de envases comerciables en forma directa, como por ejemplo envases metálicos o determinadas fracciones de plásticos (recipientes grandes, PET), puede ser conveniente como alternativa o complemento. La separación de la mezcla de materiales se realiza usualmente en las siguientes fracciones, en dependencia de la situación en el mercado y de la disponibilidad de instalaciones de clasificación:

- ▶ Hojalata
- ▶ Aluminio
- ▶ Envases de cartón para bebidas (Tetra Paks)
- ▶ Materiales compuestos de papel y cartulina
- ▶ Láminas de plástico multicolores
- ▶ Láminas transparentes
- ▶ Otras láminas
- ▶ Cuerpos huecos sintéticos
- ▶ Productos de plástico de grandes dimensiones
- ▶ Materias plásticas mixtas
- ▶ Otros metales
- ▶ Otras materias inclusive materiales no aprovechables

Las tecnologías de clasificación que se apliquen pueden ser muy distintas. Por un lado se pueden

utilizar configuraciones de procesos muy simples, en las cuales, entre otras cosas, se requiere una gran parte de trabajo de clasificación manual. Sin embargo, el nivel actual de la técnica de clasificación se caracteriza por un alto grado de automatización. La técnica estándar actual instalada en instalaciones de clasificación modernas en Alemania son equipos de infrarrojo cercano (escáneres NIR), que en la clasificación reconocen los materiales de forma automática. Esta tecnología permite, por ejemplo, diferenciar automáticamente los distintos tipos de materias plásticas en base a las estructuras de polímero, a lo cual siguen los pasos de separación correspondientes. Con esta técnica se pueden separar, entre otros, PE, PP, PET y PS. La técnica NIR permite además la clasificación de las calidades de vidrio por colores. Los módulos NIR están en condiciones se reconocer mediante luz infrarroja la posición de las distintas calidades de material que se encuentran sobre la cinta de clasificación. Los datos se transfieren a una unidad de procesamiento, la que controla la expulsión de los diferentes materiales en distintos lugares de la cinta de clasificación, por ej. con ayuda de sopladores de aire comprimido o compuertas.

Sistemas de devolución, organizados por ej. bajo la responsabilidad de los productores y financiados mediante tasas cobradas por materiales de envases puestos en circulación (por el ejemplo el sistema “el Punto Verde” / The "Green Dot"-trademark), han demostrado ser métodos eficientes para llevar a cabo una recogida, clasificación y un reciclaje específicos en conformidad con los tipos de residuos, lo que es válido especialmente allí donde capacidades para la clasificación técnica posterior están a disposición solo en parte o son difíciles de financiar. Es cierto que en el entretanto la técnica de clasificación automática permite separar también mezclas de materiales en fracciones aprovechables, pero esta forma de proceder implica en el caso de determinados materiales de residuos, como por ej. papel usado, una clara pérdida de calidad. En este caso, la comerciabilidad y aptitud para el reciclaje se garantizan en la mejor forma mediante la recolección selectiva.

Materias plásticas

En principio, las materias plásticas recuperables del flujo de residuos se apropian para su reutilización en la industria de plásticos, pero para ello tienen que ser separadas por calidades y lavadas varias veces, lo que es costoso y en parte exigente desde el punto de vista

técnico. Por esta razón, un aprovechamiento energético de los plásticos o el reciclaje a materia prima en calidad de árido en procesos de alto horno o en forma de combustibles derivados de residuos en cementeras o centrales energéticas es a menudo la forma preferida y más rentable. La puesta a disposición de las materias plásticas para la industria, incluyendo toda la cadena de recopilación, ocasiona en Alemania costes en el orden de alrededor de 300 EUR/Mg (fuentes: Itad/consultic, 2015).

Figura 4: Reciclaje de envases de plástico no mezclado



Los plásticos deben ser lavados, derretidos y procesados a regranulado para poder ser reciclados. El proceso URRC ofrece la posibilidad de utilizar los residuos PET recolectados para la fabricación de botellas de plástico nuevas. También los fabricantes de láminas y tuberías son consumidores de regranulados.

Mezclas de plásticos son fácilmente procesables a combustibles derivados de residuos para su uso energético. Como clientes entran en consideración cementeras, la industria de centrales eléctricas y la industria del acero (véase ficha de datos „Co-incineración industrial“). Durante el proceso de incineración, los plásticos suministran energía como combustible adicional, en parte actúan como catalizador o agente reductor.

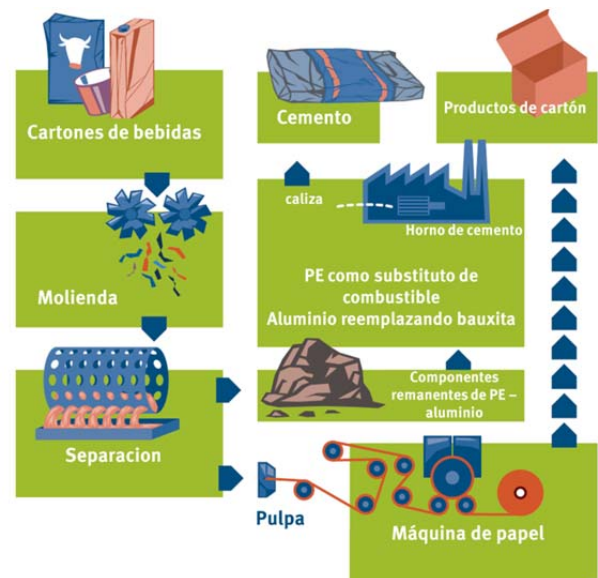
Figura 5: Reciclaje de envases de plástico mezclado



Envases de cartón para bebidas (Tetra Paks)

También los envases de cartón son apropiados como material base para el reciclaje. Para ello, los cartones deben ser primero troceados y enseguida disueltos en un pulper. A través del proceso de hinchamiento, las fibras de papel se desprenden también de la lámina de PE y de aluminio de los cartones. A continuación, la pulpa de fibra se limpia, pudiendo después ser utilizada para la fabricación de papel.

Figura 6: Reciclaje de envases de cartón para bebidas



Las fibras secundarias obtenidas de esta forma se apropian para grupos de productos de alta calidad, de ellas se pueden fabricar tanto artículos de cartonería y cartulina, como también papel kraft, papel para uso doméstico y papel higiénico.

El polietileno y el aluminio igualmente recuperados constituyen a su vez las materias base para la producción de plásticos y aluminio, respectivamente. Por otra parte, el aluminio puede ser utilizado además como sustituto de bauxita en la producción de cemento, donde apoya el proceso de calcinación.

Residuos biológicos

Un tipo de proceso de reciclaje, destinado a la utilización de los biorresiduos recolectados en forma selectiva para la producción de humus, es el **compostaje** (véase ficha de datos „Compostaje”). Eso sí, los procesos de compostaje se pueden aplicar también en la fase biológica de un tratamiento mecánico-biológico de residuos domésticos mixtos. Aquí tienen la tarea de degradar los componentes bioactivos de la mezcla de residuos hasta el punto de surgir un material estabilizado y susceptible a ser depositado. Para el compostaje se pueden usar configuraciones de proceso muy sencillas, como el

compostaje en montones abiertos; sin embargo, existen también procedimientos tecnológicamente bastante avanzados, acelerados en particular mediante recipientes de compostaje cerrados.

Para producir compost que cumpla los criterios actualmente reconocidos y exigidos en relación con la calidad y la seguridad medioambiental para utilizarlo en la agricultura, es indispensable recolectar los biorresiduos en forma separada de todos los otros residuos -conocido también como recolección selectiva de residuos biológicos-. Entre otras cosas, los datos contenidos en el Cuadro 1 y el Cuadro 2, aclaran por qué se exige este requisito especial. De ellos se deduce que solo se puede producir en forma fiable compost de residuos con la calidad y la seguridad medioambiental requeridas con inputs provenientes de la recolección de residuos biológicos y no a partir de residuos mixtos.

Cuadro 1: Concentraciones promedio de metales pesados en distintas formas de proceder para el compostaje

Metal pesado	Compost a partir de residuos biológicos recolectados selectivamente Valores de ejemplo en mg/kg representativos para Europa / Norteamérica	Estándar de compost recomendado a países en vías de desarrollo	Compostaje de residuos domésticos mixtos Valor de ejemplo en mg/kg de los Países Bajos
Arsénico	0	10	0
Cadmio	1,2	3	7,3
Cromo	27	50	164,0
Cobre	15	80	608,0
Plomo	86	150	835,0
Mercurio	0,9	1	2,9
Níquel	17,0	50	173,0
Cinc	287,0	300	1567,0

Cuadro 2: Estándares globales para productos de compost a partir de residuos [en mg/kg de materia seca] (actualidad véase referencia de la fuente)

País	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
EE.UU. (S)	41	39	1200	1500	300	17	420	2800
Canadá (MO)	13	2,6	210	128	150	0,83	62	500
Países Bajos (MO)	15	1	50	90	100	0,3	20	290
Italia	10	1,5	100	300	140	1,5	50	500
Austria (MO)	--	4	150	400	500	4	100	1000
Bélgica (SSMO)	--	1	70	90	120	0,7	20	280
Dinamarca	25	1,2	--	--	120	1,2	50	--
Francia (MO)	--	8	--	--	800	8	200	--
Alemania*	--	1,5	100	100	150	1	50	400
Suiza	--	3	150	150	150	3	50	500
España	--	40	750	1750	1200	25	400	4000

(S) se refiere a fango de depuración, (MO) a residuos orgánicos mixtos, (SSMO) a residuos biológicos recolectados selectivamente, fuentes de datos: World Bank, 1997/Brinton, 2000/ * Güterrichtlinie für Fertigkompost der Bundesgütegemeinschaft Kompost (*Directiva de calidad para compost terminado de la Asociación Federal de Calidad Compost*), vigencia: 2012

El logro y el cumplimiento de la calidad y seguridad medioambiental requeridas pueden ser apoyados considerablemente mediante la fijación de normas de calidad y la implementación de un sistema de supervisión y certificación. La implementación de ese tipo de mecanismos es una práctica habitual en Alemania y otros países del mundo.

El procedimiento alemán de aseguramiento de calidad y supervisión según RAL es un sistema especialmente conocido, que en muchos casos se ha convertido en ejemplo. El cuadro de información en la página a continuación entrega una breve sinopsis sobre la forma de puesta en práctica de este sistema, especialmente en el ámbito del compostaje.

Tratamiento de residuos y tratamiento previo de residuos para un vertido seguro

Básicamente, las medidas de tratamiento de los residuos deben estar orientadas a separar los componentes reciclables que se encuentran en los residuos generados del flujo de materia no utilizable, destinado para su deposición, y procesarlos de tal forma, que se pueda sacar el máximo provecho posible de sus propiedades en relación con la materia prima y de sus características materiales y energéticas. Otras metas del tratamiento de los residuos consisten en extraer del flujo residual de materias a depositar las materias potencialmente peligrosas, en hacerlas inofensivas o al menos aislarlas, en reducir el volumen del flujo residual de materias y estabilizarlo de tal

forma, que los impactos medioambientales durante el vertido sean reducidos a un mínimo.

La realización de un tratamiento previo de los residuos para un vertido seguro puede ir acompañada de una recuperación de materiales, así como de la utilización del contenido energético de los respectivos residuos. Las medidas de tratamiento de residuos son pasos integrados de un amplio sistema de gestión de residuos, pero pueden ser ejecutadas también como procesos independientes en combinación con otras actividades de la gestión de residuos.

Cuadro de información

En Alemania se introdujeron en el año 1991 una norma de calidad, una etiqueta de calidad y el monitoreo de calidad RAL a fin de asegurar la calidad de productos de compost a partir de residuos biológicos recolectados en forma selectiva provenientes de hogares particulares, así como de la horticultura y construcción paisajística. La asociación Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK) desempeña las funciones de órgano de control y concesión de la etiqueta de calidad. Esta asociación ha sido reconocida oficialmente por el Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. (RAL) (*Instituto alemán de aseguramiento de la calidad y etiquetado*) como organización encargada del monitoreo y el control de compost de calidad en Alemania. En el año 2000 se implementó un mecanismo análogo de aseguramiento de la calidad para residuos digestados. En noviembre de 2007, los miembros de la Bundesgütegemeinschaft Kompost acordaron adicionalmente normas vinculantes relativas a la calidad de los procesos en las instalaciones de producción. Con ello, los requerimientos conocidos a la calidad del compost y de los residuos digestados se complementan con normas para la operación de instalaciones. De ahí en adelante, la etiqueta RAL no solo es sinónimo de alta calidad de los productos, sino que también de una buena práctica profesional en la operación de las instalaciones.

Sistema de aseguramiento de la calidad para biocompost RAL – GZ 251

La norma RAL-GZ 251 abarca las regulaciones de la BGK referentes a los criterios de calidad y su garantía para productos de compost. Se trata de un autocompromiso voluntario de las fábricas de compost a fin de asegurar un compostaje de alta calidad y ecológico. Muchos de los principios básicos consagrados en la RAL-GZ 251 están reflejados también en otros ámbitos de la doctrina jurisprudencial y en las reglamentaciones alemanas relativas a residuos biógenos (por ej. el reglamento relativo a los residuos biológicos – BioAbfV).

Sistema de aseguramiento de la calidad para residuos digestados RAL – GZ 256/1

Con la norma RAL- GZ 256/1 se han establecido a partir de agosto de 2000 las reglas de la BGK también en lo que respecta a la calidad y su aseguramiento en residuos digestados sólidos y líquidos. Se trata igualmente de un autocompromiso voluntario de la industria fermentadora.

Con los sistemas de calidad y su aseguramiento mencionados, las fábricas de compost e instalaciones de digestión están sujetas a una serie de deberes en lo que respecta al análisis en forma regular de los productos y a su verificación por parte de organismos independientes. Los responsables de tomar las decisiones reconocen oficialmente las actividades y estipulaciones del BGK. Incluso también la legislación le concede a los biorresiduos que están sujetos al monitoreo permanente por parte de instancias externas independientes ya el estatus de un “probable producto” y no más el de un mero residuo. Según las iniciativas más recientes a nivel de toda la UE, el reconocimiento definitivo del estatus como producto es inminente. Las empresas que son miembros de la Bundesgütegemeinschaft Kompost y se subordinan a los correspondientes deberes del autocontrol voluntario, están exoneradas de una gran parte de las medidas de control más intensivas por parte de las autoridades y órganos estatales (en vez de 24 muestreos de control al año, solo 12 como máximo) y tienen menos obligaciones de reporte frente a estos organismos.

[Fuente: *European Compost network*]

Dentro del ámbito de las posibilidades de tratamiento de los residuos biológicos, los procesos de tratamiento que se basan en el principio de la **digestión anaeróbica o fermentación** conforman un elemento complementario para el compostaje descrito anteriormente. Su ventaja consiste en el aprovechamiento adicional del contenido energético de los residuos, obteniendo biogás para la generación de energía, además de que por lo general se requiere menos espacio y de haber menos limitaciones en lo que respecta a la limpieza del material de input. Por consiguiente, la digestión anaeróbica (véase ficha de datos “**Digestión anaeróbica**”) puede ser usada como proceso autónomo para tratar residuos biológicos, en lo posible recolectados en forma selectiva, pero puede ser también parte integrante de un tratamiento mecánico-biológico de desechos residuales mixtos.

El **tratamiento mecánico-biológico de desechos residuales** (véase ficha de datos „**Tratamiento mecánico-biológico de residuos**“) ha podido establecerse como un método de tratamiento sobre todo después de la implementación de prohibiciones de deposición para residuos sin tratar (existente por ej. en Alemania desde el 2005). Esta forma de tratamiento de los desechos residuales permite junto, o alternativamente, a la incineración de los residuos, reducir claramente el volumen del flujo de residuos destinado al vertido y en particular, minimizar las sustancias biorreactivas contenidas en el mismo. Esta tecnología reúne en varias etapas de proceso la recuperación de materias para el reciclaje, así como un uso energético y/o la estabilización de la fracción biodegradable antes de su vertido.

Tratamiento mecánico-biológico de residuos constituye un término general para todos aquellos conceptos, en los cuales los residuos se tratan mediante una combinación de procesos mecánicos y biológicos, incluyendo los procedimientos, en los cuales el orden de los procesos es inverso. Por eso, las principales características distintivas de las distintas concepciones radican también en el orden de los pasos esenciales de proceso y en la finalidad del paso de tratamiento biológico. El orden de los pasos esenciales de proceso se orienta o por un concepto de “fraccionamiento”, o por el enfoque de la “estabilización”.

En el caso de la variante del “fraccionamiento” tiene lugar primero una separación mecánica de todo el flujo de input en fracciones aprovechables de distinto tipo, en su caso, utilizables desde el punto de vista energético o a tratar posteriormente en forma biológica. Para el paso de tratamiento biológico entran en consideración procedimientos de descomposición y digestión, así como la combinación de algunos elementos de ambos procedimientos. Si se emplea el método de la digestión anaeróbica como paso de tratamiento biológico, el componente esencial de la configuración del proceso consiste en la producción optimizada de biogás. Si se aplica el procedimiento de descomposición para los desechos residuales mixtos, la prioridad se encuentra en la generación de un material estabilizado biológicamente y descontaminado, así como aprovechable desde el punto de vista energético.

En el caso del enfoque de la “estabilización”, los residuos son sometidos en su totalidad a un tratamiento biológico. El objetivo es un secado biológico y una amplia higienización de los residuos antes de, en el paso a continuación, separar mecánicamente los componentes no combustibles. El flujo de material restante puede ser utilizado en instalaciones de incineración adecuadas para la generación de energía como así llamado combustible derivado de residuos.

Para determinados tipos de residuos (en particular para fangos, pero también para residuos domésticos mixtos), la estabilización en seco y el incremento del poder calorífico necesario para su utilización como combustible derivado de residuos pueden ser obtenidos mediante un proceso físico de secado. En este sentido, el secado solar de residuos (véase ficha de datos „Secado solar de residuos“) desempeña un importante papel en el tratamiento de fangos de depuración provenientes del tratamiento de aguas residuales. En la actualidad, los procedimientos de recuperación del fósforo „(véase

ficha de datos „Recuperación de fósforo“) se concentran en este campo.

El tratamiento mecánico-biológico de residuos no es un método para la eliminación definitiva de residuos, porque los restos que quedan después del tratamiento requieren de la aplicación de otras medidas en forma de un vertido organizado o una incineración. No obstante, antes de establecer y utilizar un tratamiento mecánico-biológico hay que tener en claro, cuál de estas dos medidas será aplicada.

Asimismo, la *incineración de residuos* o también el aprovechamiento térmico de residuos son universalmente conocidos como un módulo esencial para la transposición de una estrategia moderna e integral en materia de gestión de residuos. Incluyendo las posibilidades de generación de energía y extracción de calor, la incineración de residuos sigue siendo el método más fiable y efectivo para eliminar en forma segura y provechosa residuos no aprovechables de algún otro modo.

Técnicas convencionales de incineración, tales como la incineración en parilla (véase ficha de datos „Incineración en parilla“) y la incineración en lecho fluidizado (véase ficha de datos „Incineración en lecho fluidizado“) se encuentran igualmente en un proceso de permanente perfeccionamiento en lo que respecta a la seguridad y a los grados de eficiencia. Asimismo, con la tecnología de limpieza y el tratamiento posterior adecuados se apropian también para un amplio espectro de residuos, inclusive aquellos con altas concentraciones de materias nocivas, habiendo probado y demostrado ser fiables para este fin en todas partes del mundo. Emplear residuos como combustibles derivados de residuos (CDR) o sustitutos de combustible en la generación industrial de energía constituye un enfoque de tratamiento para determinados componentes de residuos o aquellos preacondicionados en la forma adecuada. Se trata en este caso de una co-incineración de residuos de alto poder calorífico, pretratados y procesados especialmente (y separados de otros residuos), en instalaciones de combustión industriales (por ejemplo, hornos de cemento, instalaciones de centrales energéticas de la industria papelera) o de su empleo en centrales energéticas especializadas para ello en forma de una mono-incineración (véase ficha de datos „Co-incineración industrial“).

Todos los procesos de tratamiento térmico deben subordinarse a estrictas reglas y medidas destinadas a evitar, reducir y controlar emisiones potencialmente

tóxicas y con cualquier otro efecto relevante para el medio ambiente. Estas estipulaciones e intervenciones ejercen una considerable influencia sobre el capital necesario, así como sobre los costes de la operación de instalaciones de incineración de residuos. El tipo de emisiones que finalmente se generan y que deben ser tratadas y controladas, depende en gran medida de la composición de los residuos y del proceso aplicado para su incineración. En relación a ello, a menudo se resaltan en forma especial las diferencias entre la pirolisis y los procedimientos convencionales de la incineración de residuos. En la actualidad, la pirolisis no se ha impuesto en casi ningún país (tampoco en Alemania) como procedimiento técnico estandarizado o solución a escala industrial. No obstante, puede ser conveniente al menos analizar el empleo de estos procedimientos para flujos de residuos especiales, atendiendo las condiciones locales particulares, y no excluir en forma categórica la aplicación de esta tecnología, si se han comprobado su fiabilidad y rentabilidad sustentables.

En la aplicación y el desarrollo posterior de todas las vías de aprovechamiento térmico es necesario fijar la atención en asegurar la descontaminación de los gases de escape (véase ficha de datos „[Tratamiento de gases de](#)

[combustión](#)“).

Nota: Descripciones detalladas de las tecnologías y los equipos mencionados en el texto se encuentran en las fichas de datos alistadas a continuación.

Cuadro 3: Resumen de las tecnologías y los equipos tratados también en las secciones informativas separadas y las fichas de datos

Fichas de datos

Preparación / Reciclaje de materiales

[Clasificación y preparación de residuos de papel](#)

[Clasificación y preparación de residuos de vidrio](#)

[Clasificación y preparación de envases](#)

[Preparación de residuos voluminosos](#)

[Compostaje](#)

[Digestión anaeróbica](#)

[Recuperación de fósforo](#)

Estabilización / Tratamiento previo de residuos

[Tratamiento mecánico-biológico de residuos](#)

[Secado solar de residuos](#)

Incineración / (Co-)incineración industrial

[Incineración en parilla](#)

[Incineración en lecho fluidizado](#)

[Tratamiento de gases de combustión](#)

CLASIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE RESIDUOS DE PAPEL

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN - Clasificación y preparación de residuos de papel (con diferentes configuraciones en cuanto a grado de tecnificación y automatización) para obtener clases conformes con la lista europea de calidades estándar de papel EN 643 para el aprovechamiento en la producción de papel (productos gráficos y no gráficos)

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Alimentos, jardines	
Papel, cartulina, cartón	X	Residuos domésticos mixtos		Residuos voluminosos	
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera		Residuos de construcción y demolición	
Aceites usados		Pinturas y barnices		Neumáticos	
Residuos peligrosos					
Residuos específicos de producción y sectoriales					
Otros tipos de residuos					

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Los residuos de papel deben estar apartados de otros residuos, en particular de residuos con humedad, gasas u otros tipos de impurezas, para que sea posible un aprovechamiento eficaz y de calidad (recogida de residuos de papel por separado). Los residuos de papel mezclados con otros residuos, u obtenidos de otros flujos o mezclas de residuos, solo pueden ser aprovechados, por regla general, para calidades de reciclaje inferiores (p. ej. cartón de baja calidad).

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Las fracciones de papel obtenidas en la clasificación pueden ser utilizadas directamente en la producción de papel y cartón o para otras formas de reciclaje. Son otras formas de reciclaje, por ejemplo, la fabricación de material aislante y de productos de celulosa moldeada o también el uso en la producción de tableros de fibra o como aditivo para asfalto.

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

Las fracciones de impurezas o partículas interferentes tienen que ser eliminadas por otros medios, por regla general son destinadas a un aprovechamiento energético.

Riesgos potenciales para la salud

La clasificación de los residuos de papel para la producción de papel deben garantizar, entre otros aspectos, que los tipos de los que puedan desprenderse sustancias tóxicas, como diisopropilnaftaleno (DIPN) de papel autocopiante, no lleguen a la producción clases de papel que puedan estar en contacto con alimentos. Por lo tanto, el proceso de clasificación sirve también para reducir los riesgos para la salud por el uso de papel reciclado.

Requisitos especiales de protección

Es especialmente importante tomar medidas de precaución contra incendios, así como de seguridad laboral cuando se utilicen medios de trabajo móviles y cargas (material en fardos) o instalaciones con componentes móviles. Además, los residuos de papel tienen que estar protegidos contra los efectos de la humedad.

Posibilidades especiales de empleo de mano de obra

El control de calidad tras la clasificación automatizada de papel puede efectuarse manualmente, por lo que presentan un elevado potencial de ocupación de mano de obra, sobre todo de trabajadores menos cualificados.

EFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD	
<p>Datos climáticos El papel acumulado y las instalaciones de clasificación (en particular la zona de almacén) tienen que estar protegidos contra los efectos de la intemperie, como viento y lluvia.</p> <p>Otros Para que la explotación sea rentable se requiere, en general, una extensa zona de recogida de los residuos de papel y un alto grado de pureza (por mediante separación al llegar a las instalaciones y sobre todo tras la clasificación). El fuerte cambio a la comunicación electrónica ha provocado una notable disminución en la demanda de papel gráfico. Se estima que en el 2020 ese retroceso será del 50% para el papel de periódico y de oficina respecto al año 2008. Por contra, la demanda de papel para embalajes y cajas de cartón se mantiene constante o incluso aumenta. Los procesos de clasificación deberían ser flexibles a los cambios en el mercado.</p>	
DETALLES TÉCNICOS	
SINOPSIS GENERAL	
DESCRIPCIÓN ABREVIADA	El procesamiento es básicamente mecánico y consiste en la eliminación de los materiales finos e interferentes (p. ej. sustancias minerales, pequeñas piezas de metal), seguido de etapas de clasificación con diferentes grados de automatización (espectroscopía de infrarrojo cercano NIR, espectrometría visual VIS, clasificación manual) para obtener diferentes clases de papel a partir de los residuos.
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - La recogida de los residuos de papel tiene que efectuarse separada de otros residuos industriales o domésticos. - El material no debe presentar un alto grado de impurezas y tiene que estar relativamente seco. La lista europea de calidades estándar de papel modificada EN 643 (fecha 2013) introdujo límites máximos admisibles para las impurezas y materiales no deseados en cada clase de papel. De un modo general, la suma de interferentes no debe ser superior a 3 % Ma.
RESULTADOS ESPERADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Papel recuperado en clases con calidades definidas según la norma EN 643 son, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Calidad 1.11:</i> Papel gráfico clasificado con un porcentaje mínimo del 30 % de periódicos y un mínimo del 40% de revistas, pero con un máximo de interferentes del 1,5% - <i>Calidad 1.02:</i> mezcla de diferentes calidades de papel y cartón con un porcentaje máximo del 40 % de periódicos y revistas - <i>Calidad 1.04:</i> embalajes de papel y cartón usados que contengan como mínimo un 70 % de cartón corrugado, cartón residual y otros embalajes de papel - El porcentaje de interferentes en el papel clasificado no supera las especificaciones (p. ej. máx. 3 % Ma. según la norma EN 643).
VENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Las ventajas varían en función de la configuración seleccionada para el procedimiento y la instalación. <p><u>Configuración básica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Técnicas sencillas, por tanto inversión de capital y coste de mantenimiento relativamente bajos - Muy fiable, disponibilidad de la planta > a 95% - Muy flexible <p><u>Configuración avanzada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesos automatizados (p. ej. detección por NIR), por tanto baja demanda de mano de obra - La clasificación previa mecánica o asistida por sensores mejora el nivel de pureza - Posibilidad de rendimientos muy superiores

DESVENTAJAS
ESPECÍFICAS

- Varían en función de la configuración seleccionada para el procedimiento y la instalación.

Configuración básica

- Trabajo intenso (mayor demanda de mano de obra)
- Rendimiento relativamente menor

Configuración avanzada

- Elevado coste de inversión debido al empleo de máquinas de alta calidad más sensibles
- Exige mayor cualificación del personal
- Mayor consumo energético

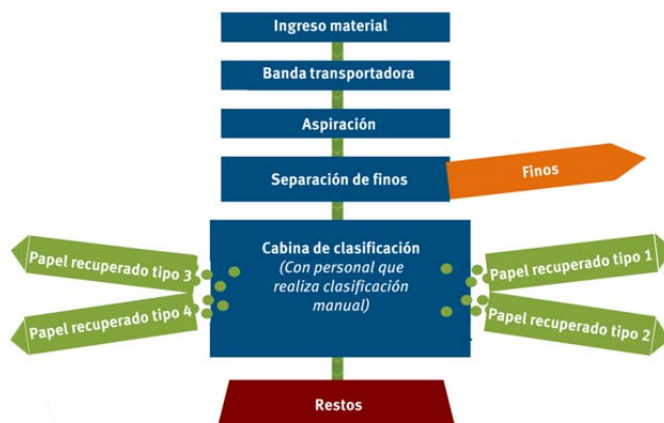
DETALLES DE APLICACIÓN

REALIZACIÓN
TÉCNICA

Para poder aprovechar al máximo la capacidad y la eficiencia de la clasificación es necesario que la carga sea homogénea y esté disgregada en el punto de entrada a la clasificación.

La configuración básica comprende procesos físico-mecánicos como cribado, separación magnética, aspiración o soplado para eliminar el material fino (como sustancias minerales o pequeñas piezas de metal) y a continuación una clasificación manual de las diferentes clases de papel recuperado (PR). El gráfico siguiente muestra un esquema del proceso.

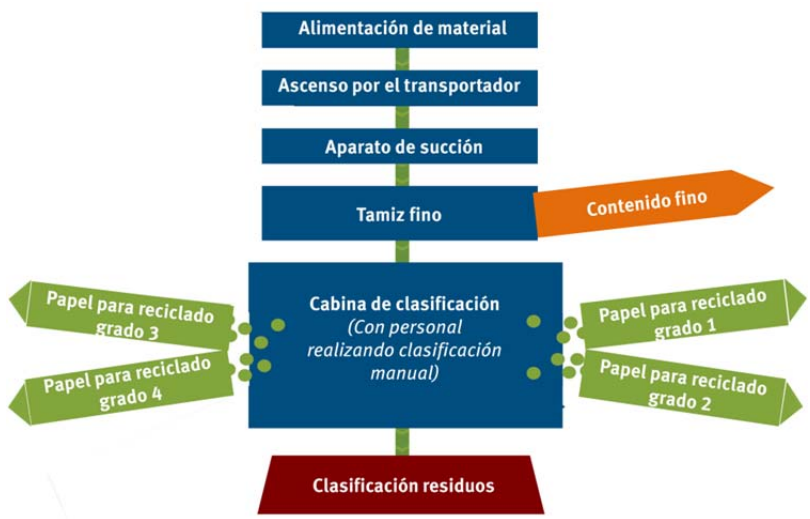
Imagen 1: Ejemplo del proceso de clasificación en una configuración básica para la obtención de diferentes clases de papel recuperado.



En la configuración avanzada el proceso está parcialmente automatizado y asistido por sensores. El objetivo prioritario del proceso de preparación es la obtención de una elevada calidad en el papel recuperado, destinado a la fabricación de papel para periódicos y revistas (productos destinados 1.11). Para ello, en primer lugar se eliminan las partículas finas e impurezas por métodos físico-mecánicos, igual que en la configuración básica. A continuación tiene lugar la clasificación en cartones, periódicos y revistas, residuos de papel mixtos y material residual con ayuda de tecnologías de selección *spike* o separadores balísticos, con clasificación manual y asistida por sensores.

Se observa una tendencia generalizada a aumentar el grado de pureza en las clases de papel recuperado y, para ello, a una mayor implantación de sistemas de clasificación automatizados, optoelectrónicos y parcialmente multietapa, con un control de calidad manual al final. Sin la clasificación final se pierden cantidades considerables (20–40%) de calidades de PR destinado en los flujos de salida de las instalaciones de clasificación. Integrando una clasificación posterior se puede reducir esa pérdida en un 50% y, por lo tanto, mejorar la calidad obtenida y el resultado de la comercialización.¹ El esquema siguiente muestra la clasificación de papel con una configuración avanzada. El uso de tecnología y el orden de las distintas fases del proceso puede variar enormemente en la práctica.

¹ Hanke, A., Tempel, L. (2014): Anlagenbau im Aufbereitungsbereich – am Beispiel der Altpapiersortierung. En: Thomé-Kozmiensky, K.J.; Goldmann, D. (editorial): Recycling und Rohstoffe, tomo 7, Nietwerder: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2014, págs. 332-248

<p>CONTINUACIÓN REALIZACIÓN TÉCNICA</p>	<p>Imagen 2: Ejemplo de clasificación con una configuración avanzada de los procesos para la obtención de diferentes clases de papel recuperado.</p>  <p>La mayor dificultad radica en poder reaccionar con flexibilidad a los continuos cambios en la composición de los residuos de papel (en la actualidad menos papel de oficina frente a cantidades constantes o en aumento de embalajes y cartones) y garantizar la rentabilidad de los procesos.</p>
<p>FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL</p>	<p>- Varían en función de la configuración seleccionada para el procedimiento y la instalación.</p> <p><u>Configuración básica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - El rendimiento medio de estas instalaciones se sitúa en aprox. 5 Mg/h. - Se adapta con gran flexibilidad a los cambios en el grado y la intensidad de la clasificación según el mercado. <p><u>Configuración avanzada¹</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Estas instalaciones pueden alcanzar rendimientos de 8–12 Mg/h por línea de proceso. - Por Mg de rendimiento hasta 1,5% de interferentes (= film de plástico, poliestireno, tejidos, pequeños dispositivos electrónicos, etc.) - Consigue clasificar hasta un 70% de destintados del material entrante mixto (calidad de papel 1.11) - 30–40% se corresponden con las clases de la calidad 1.02 (residuos de papel mixtos) y 1.04 (embalajes)
<p>RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<p>La preparación de los residuos de papel puede localizarse directamente antes del reciclaje propiamente dicho del material en la planta de producción de la fábrica de papel. No siempre es necesaria una preparación externa.</p>

VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS																
BALANCE ENERGÉTICO	<p>La demanda de energía para la clasificación de los residuos de papel se sitúa en un rango de 20–50 kWh/Mg².</p> <p>La clasificación de los residuos de papel es necesaria para un mayor reciclaje del papel, poniéndose especialmente de relieve aquí las ventajas ecológicas del reciclaje. La siguiente tabla ofrece un resumen.</p> <p>Tabla 1: Comparación de la demanda de energía y materias primas para la fabricación de papel con fibras primarias y con el papel recuperado³</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 40%;">Por kilo de papel reciclado</th> <th style="width: 40%;">Por kilo de papel de fibras primarias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua</td> <td>15 litros</td> <td>50 litros</td> </tr> <tr> <td>Energía</td> <td>2 kWh</td> <td>5 kWh</td> </tr> <tr> <td>Base de fibras</td> <td>1,2 kg papel recuperado</td> <td>Fibras a partir de 1 kg de componentes fibrosos (celulosa) de un total de 2,2 kg de madera</td> </tr> <tr> <td>DQO</td> <td>3 g</td> <td>15 g</td> </tr> </tbody> </table>		Por kilo de papel reciclado	Por kilo de papel de fibras primarias	Agua	15 litros	50 litros	Energía	2 kWh	5 kWh	Base de fibras	1,2 kg papel recuperado	Fibras a partir de 1 kg de componentes fibrosos (celulosa) de un total de 2,2 kg de madera	DQO	3 g	15 g
	Por kilo de papel reciclado	Por kilo de papel de fibras primarias														
Agua	15 litros	50 litros														
Energía	2 kWh	5 kWh														
Base de fibras	1,2 kg papel recuperado	Fibras a partir de 1 kg de componentes fibrosos (celulosa) de un total de 2,2 kg de madera														
DQO	3 g	15 g														
RELEVANCIA PARA EL CO₂	<p>El reciclaje de papel reduce el consumo de fibras primarias y requiere un menor consumo energético que la producción de papel a partir de materia prima primaria. El empleo de una tonelada de papel reciclado evita de promedio la emisión de 700 kg CO₂ en comparación con la producción con materias primas primarias⁴. Una planta ejemplo de Berlín con una configuración avanzada y un rendimiento anual de 120.000 Mg permite el ahorro de unas 75.000 Mg de CO₂ con el uso de las cantidades de papel recuperado clasificadas.</p>															
MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS	<p>- No requiere ningún otro aporte a excepción de las técnicas citadas.</p>															
RECURSOS HUMANOS	<p><u>Configuración básica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Normalmente hasta 8 trabajadores, de ellos 1 jefe de equipo, 6 clasificadores y 1 empleado flexible (carretillero, maquinista). <p><u>Configuración avanzada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La explotación con turnos de trabajo exige una mayor cobertura de personal (aprox. 15–20 empleados), no obstante, referido al rendimiento la relación de personal es más económica que en las instalaciones de configuración básica. 															
DEMANDA DE SUPERFICIE	<p>- Nave de 4.000–5.000 m² para una instalación de tamaño mediano</p>															
COSTE DE TRATAMIENTO POSTERIOR	<p>- Se estima que un 3% como mínimo del material entrante son partículas interferentes que requieren eliminación externa.</p>															
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES																
COSTES DE INVERSIÓN	<p><u>Configuración básica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La inversión para una línea de procesos media oscila entre los 30.000-80.000 euros, sin incluir otras estructuras ni la envoltura de edificios (fecha 2008). <p><u>Configuración avanzada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - En función del uso de, por ejemplo, unidades de clasificación optoelectrónicas, puede ascender hasta los 10 millones de euros para una moderna planta de procesamiento. 															

² Fecha 11/2010. EnergieAgentur.NRW: aprovechamiento energético eficaz en la industria papelera

³ Basado en diferentes fuentes, p. ej. Umweltbundesamt (2000); IFEU Institut (2008), JRC (2012), FÖP (2012)

⁴ Agencia Federal de Medio Ambiente, textos 46/2015: The Climate Change Mitigation Potential of the Waste Sector

COSTES DE OPERACIÓN	<p><u>Configuración básica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Normalmente del orden de 15–20 EUR/Mg, de ellos para reparaciones y mantenimiento entre 2.000–5.000 EUR/a (6–8 % del coste de inversión). <p><u>Configuración avanzada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Del orden de 11–15 EUR/Mg, pero pueden variar notablemente en función de la tecnología aplicada y el grado de clasificación posterior.
POSIBILIDAD DE INGRESOS	<p>Ingresos posibles el primer semestre de 2015 en Europa Central:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Papel usado mixto (1.02): 70–91 EUR/Mg (comp. julio 2011: 128 EUR/Mg) - Papel y cartón (1.04): 72–90 EUR/Mg (comp. julio 2011: 129 EUR/Mg) - Destintados (1.11): 77–84 EUR/Mg (comp. julio 2011: 120 EUR/Mg)⁵
COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA	<p><u>Configuración básica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Está determinado básicamente por el coste de operación. <p><u>Configuración avanzada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Varía notablemente debido a la extensa gama de sistemas específicos (sin incluir los ingresos) en un rango de 30–90 EUR/Mg.
OTROS DETALLES	
SINOPSIS DEL MERCADO	
APLICACIONES DE REFERENCIA	<p>En Europa y en todo el mundo se encuentra un gran número de instalaciones de clasificación con las dos configuraciones expuestas. He aquí algunos ejemplos de instalaciones de configuración avanzada en Alemania:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altpapier Sortierung Dachau GmbH www.asd-entsorgung.de - Wertstoffunion Berlin www.wertstoffunion.de - Se puede obtener una lista de otras instalaciones en las páginas del Estado federado de Brandeburgo <p>Algunos proveedores de sistemas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sutco Recycling Technik GmbH www.sutco.de - Entsorgungstechnik Bavaria GmbH www.entsorgungstechnik-bavaria.de
FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS <i>(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)</i>	<p>Un gran número de empresas de eliminación de residuos operan este tipo de instalaciones en diferentes variantes. He aquí algunos ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sulo www.sulo.com - Suez Alemania www.suez-deutschland.de - Remondis www.remondis.de - Alba-Gruppe www.alba.info <p>Los sistemas y equipos utilizados para el tratamiento forman parte de la gama habitual de técnicas disponibles para los procesos mecánicos en todo el sector de gestión de residuos o de aplicación en él. Algunas de estas técnicas son:</p> <p><u>Cintas transportadoras y dosificadora</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rudnick + Enners Maschinen- u. Anlagenbau GmbH, Alpenrod www.rudnick-enners.de - Ludden & Mennekes, Meppen www.ludden.de - Máquinas especiales y técnica de reciclaje, Chemnitz www.sr-recyclingtechnik.com <p><u>Tecnologías de clasificación</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel www.mogensen.de - Stadler Anlagenbau GmbH, Altshausen www.w-stadler.de - EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com - Spaleck – Técnicas de transporte y separación www.spaleck.de

⁵ Statistisches Bundesamt [Instituto Federal de Estadística]: Índice de precios de venta al por mayor para residuos de papel y metal, agosto 2015, Wiesbaden

	<u><i>Tecnologías de aspiración</i></u>	
	- NESTRO Lufttechnik GmbH, Schkölen/Thüringen	www.nestro.com
	<u><i>Separadores de metal (ferroso y no ferroso)</i></u>	
	- Steinert Elektromagnetbau GmbH, Colonia - IMRO Maschinenbau GmbH, Uffenheim - Wagner Magnete GmbH & Co. KG, Heimertingen	www.steinertglobal.com www.imro-maschinenbau.de www.wagner-magnete.de
	<u><i>Compactadoras y prensas</i></u>	
	- HSM GmbH + Co. KG, Salem	www.hsm.eu
	<u><i>Clasificación asistida por sensores</i></u>	
	- Tomra Systems GmbH - Sesotec GmbH	www.tomra.de www.sesotec.com

OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA

La industria papelera de Europa, representada por CEPI (www.cepi.org) ha aceptado el propio compromiso voluntario de continuar ampliando el reciclaje del papel, mediante el empleo de más medios, así como el compromiso de mantener el desarrollo tecnológico y la investigación e incrementar el porcentaje de papel recuperado en la producción. Con este tipo de compromisos debe garantizarse una continuación y afianzamiento de los esfuerzos para el reciclaje en toda la cadena de actores y usuarios del papel y, por lo tanto, que no sea necesaria ninguna intervención ni especificación estatales para el reciclaje de los residuos de papel.

PREPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE VIDRIO

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN

-Preparación de los residuos de vidrio de envases para el uso como materia prima secundaria en la industria del vidrio

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X	Envases ligeros	Alimentos, jardines
Papel, cartulina, cartón		Residuos domésticos mixtos	Residuos voluminosos
Bombillas		Residuos textiles	Aparatos eléctricos y electrónicos
Metal		Madera	Residuos de construcción y demolición
Aceites usados		Pinturas y barnices	Neumáticos
Residuos peligrosos			
Residuos específicos de producción y sectoriales			
Otros tipos de residuos			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Los envases de vidrio usados deben estar apartados de otros residuos (recogida de residuos de vidrio por separado). Es necesario evitar también las mezclas de vidrio de recipientes y envases con vidrio plano, cristalería de hostelería o vidrio especial debido a su diferente composición y las dificultades que de ello se derivan. En caso contrario será indispensable separar previamente la fracción de vidrio de los otros residuos. Para mejorar la calidad y las posibilidades de aprovechamiento es conveniente, además, separar el vidrio por colores. La recogida clasificada en Alemania presenta una relación aproximada de 50%: 40% : 10% (blanco/verde/marrón)

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Las fracciones de vidrio obtenidas en la clasificación pueden ser utilizadas directamente en la fabricación de vidrio o de otros productos reciclados como, por ejemplo, material aislante (lana de vidrio, productos de vidrio celular). Los metales extraídos también son aptos para el reciclaje directo.

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

El material residual separado puede ser depositado, en general, en vertederos como material inerte.

Requisitos especiales de protección

Deben adoptarse medidas de precaución o de protección del entorno y del personal operario frente a las elevadas emisiones de ruido en la clasificación.

EFFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD

Para una explotación rentable se requiere en general una extensa zona de recogida de los envases de vidrio.

DETALLES TÉCNICOS

SINOPSIS GENERAL

DESCRIPCIÓN ABREVIADA

El procesamiento de los envases de vidrio usados consta básicamente de procesos mecánicos, con una clasificación previa diferente según el tipo y la intensidad o una separación de material interferente y expulsión de determinadas fracciones (p. ej. metales), así como una clasificación final automática con el fin de obtener vidrio de una determinada pureza de color.

REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - La recogida de los envases de vidrio usados tiene que efectuarse separada de otros residuos industriales, de residuos mixtos y de otros tipos de vidrio (plano) y, en un caso ideal, los residuos de vidrio deberían ser clasificados y transportados según colores. - El componente principal lo constituyen los envases de vidrio, no siendo apropiados los vidrios con una composición diferente como vidrio plano, vidrios de seguridad o térmicos. - Para la clasificación y carga del horno de fusión se requieren partículas de unos 20 mm de tamaño, además debe garantizarse una determinada pureza. 								
RESULTADOS ESPERADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Vidrio fragmentado de una calidad definida para el uso en la industria del vidrio - Parte admisible de material interferente tras la clasificación por término medio de g/Mg⁶: <ul style="list-style-type: none"> - cerámica, piedras, porcelana < 20 (se está valorando una cantidad futura de 10 g/Mg) - metales no ferrosos < 3 - metales ferrosos < 2 g/Mg - vitrocerámica < 5 (para partículas superiores a 10mm), <10 (para partículas inferiores a 10mm) - orgánico suelto < 300 - Fracción máxima de color erróneo tras la clasificación¹: <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Tabla 2: Fracción máxima de color erróneo en la clasificación de los residuos de vidrio</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr style="background-color: #444; color: white;"> <th style="text-align: left; padding: 5px;">Fracción de color erróneo</th> <th style="text-align: left; padding: 5px;">En porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #eee;"> <td style="padding: 5px;">Fracción de vidrio blanco</td> <td style="padding: 5px;">Color marrón: ≤ 0,3% Color verde: ≤ 0,2% Otros colores: ≤ 0,2%</td> </tr> <tr style="background-color: #eee;"> <td style="padding: 5px;">Fracción de vidrio verde</td> <td style="padding: 5px;">Color marrón máx. 10 %, con una fracción mín. del 75% de pedazos verdes</td> </tr> <tr style="background-color: #eee;"> <td style="padding: 5px;">Fracción de vidrio marrón</td> <td style="padding: 5px;">Color verde máx. 10 %, con una fracción mín. del 80% de pedazos marrones</td> </tr> </tbody> </table>	Fracción de color erróneo	En porcentaje	Fracción de vidrio blanco	Color marrón: ≤ 0,3% Color verde: ≤ 0,2% Otros colores: ≤ 0,2%	Fracción de vidrio verde	Color marrón máx. 10 %, con una fracción mín. del 75% de pedazos verdes	Fracción de vidrio marrón	Color verde máx. 10 %, con una fracción mín. del 80% de pedazos marrones
Fracción de color erróneo	En porcentaje								
Fracción de vidrio blanco	Color marrón: ≤ 0,3% Color verde: ≤ 0,2% Otros colores: ≤ 0,2%								
Fracción de vidrio verde	Color marrón máx. 10 %, con una fracción mín. del 75% de pedazos verdes								
Fracción de vidrio marrón	Color verde máx. 10 %, con una fracción mín. del 80% de pedazos marrones								
VENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada automatización de los procesos - Alto rendimiento - Calidad garantizada 								
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado coste - Por regla general, extensa zona de recogida para obtener rentabilidad 								
DETALLES DE APLICACIÓN									
REALIZACIÓN TÉCNICA	<p>El vidrio suministrado se almacena separado por colores y bajo cubierta hasta su transporte al tanque de alimentación. Le sigue un cribado grueso y una clasificación previa manual para eliminar las impurezas mayores. A continuación tiene lugar la separación magnética de metales ferrosos y otros cribados con diferentes tamaños de malla (p. ej. 15 mm, 30 mm, 60 mm), combinados con la extracción del material inerte y otras partículas que no sean de vidrio. Otros pasos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - incremento de la pureza en las fracciones de 5–15 mm, 15–30 mm y 30–60 mm, por ejemplo, mediante técnicas de clasificación ópticas 								

⁶ BV Glas, BDE, bvse: directriz: "Requisitos de calidad de las fracciones de residuos de vidrio para el aprovechamiento en la industria de envases", hoja estándar T 120, 14 de agosto de 2014

<p>CONTINUACIÓN REALIZACIÓN TÉCNICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - trituración - extracción reiterada de material inerte, partículas que no sean de vidrio y metales no ferrosos - clasificación óptica de colores con tecnología de infrarrojos <p>Los dos esquemas siguientes muestran las configuraciones más habituales de estos procedimientos.</p> <p>Imagen 3: Ejemplo de los procesos de clasificación de residuos de vidrio</p>
<p>FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL</p>	<p>El rendimiento de instalaciones con una sola línea se sitúa en aprox. 20 Mg/h; en instalaciones con más de una línea se pueden alcanzar rendimientos de 50 Mg/h.</p>
<p>RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<p>La preparación de los residuos de vidrio puede localizarse directamente antes del reciclaje propiamente dicho del material en la planta de producción de la fábrica de vidrio. Con un alcance limitado, puede constituir un proceso concomitante al reciclaje de otras fracciones de material, por ejemplo para residuos de envases secos o estar integrado en él.</p>
<p>VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS</p>	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El consumo de energía de las instalaciones con la configuración presentada se sitúa en unos 10.000 MW/a. - Como relación general entre el ahorro de energía por la utilización de vidrio usado en la producción se señala una reducción del 3% en el aporte de energía de fusión para un aporte de residuos de vidrio de vidrio del 10 %.
<p>RELEVANCIA PARA EL CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El reciclaje de vidrio reduce el consumo de recursos primarios y, en consecuencia, requiere un menor consumo energético que la producción de vidrio de materia prima primaria. El empleo de una tonelada de vidrio reciclado evita de promedio la emisión de 500 kg CO₂ en comparación con la producción de vidrio con materias primas primarias⁷.
<p>MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ninguno
<p>RECURSOS HUMANOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las instalaciones de varias líneas requieren unos 11 trabajadores, 7 de ellos para la clasificación previa.
<p>DEMANDA DE SUPERFICIE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Con zona de almacén del orden de 5.000–8.000 m²

⁷ Agencia Federal de Medio Ambiente, textos 46/2015: The Climate Change Mitigation Potential of the Waste Sector

COSTE DE TRATAMIENTO POSTERIOR	- El material interferente extraído debe ser eliminado de forma ecológicamente correcta. Por regla general es apto para la deposición o para el uso como material inerte en vertederos (ver la hoja de datos " Vertedero para residuos no peligrosos " o también " Vertedero para material inerte ").
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	- Inversión total necesaria de hasta unos 12 millones de euros.
COSTES DE OPERACIÓN	Caben esperar costes de operación en especial para: <ul style="list-style-type: none"> - mantenimiento y reparación: aprox. 5 % de los costes de inversión por año - costes de personal
POSIBILIDAD DE INGRESOS	- Precio actual del mercado para el vidrio reciclado en el ámbito europeo en la primera mitad de 2015: entre 45–54 EUR/Mg (Eurostat)
OTROS DETALLES	
SINOPSIS DEL MERCADO	
APLICACIONES DE REFERENCIA	<p>En Europa y en todo el mundo se encuentra un gran número de instalaciones a gran industrial como las descritas. Algunas de estas instalaciones en Alemania son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Glasrecycling Nord GmbH & Co. KG, Wahlstedt www.karl-meyer.de - Reiling Glas Recycling GmbH & Co. KG, Mariental www.reiling.de <p>Se pueden encontrar otros centros en las páginas del Aktionsforum Glasverpackung [Foro de Acción para los Envases de Vidrio]</p>
FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS <i>(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)</i>	<p>Muchas empresas grandes y medianas de eliminación de residuos utilizan las técnicas de clasificación de vidrio descritas. Estas son algunas de ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alba-Gruppe www.alba.info - Suez Alemania www.suez-deutschland.de - Remondis www.remondis.de <p>Los sistemas y equipos utilizados para el tratamiento forman parte de la gama habitual de técnicas disponibles para los procesos mecánicos en todo el sector de gestión de residuos o de aplicación en él. Algunas de estas técnicas son:</p> <p><u>Cintas transportadoras y dosificadora</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rudnick + Enners Maschinen- u. Anlagenbau GmbH, Alpenrod www.rudnick-enners.de - Ludden & Mennekes, Meppen www.ludden.de - Máquinas especiales y técnica de reciclaje, Chemnitz www.sr-recyclingtechnik.com <p><u>Tecnologías de clasificación</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel www.mogensen.de - EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com - Spaleck – Técnicas de transporte y separación www.spaleck.de <p><u>Compactadoras, prensas y trituradoras</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - HSM GmbH + Co. KG, Salem www.hsm.eu - Bomatic–Umwelt- und Verfahrenstechnik GmbH, Hamburgo www.bomatic.de - Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH, Kaufering www.erdwich.de - MeWa Recycling Maschinen und Anlagenbau GmbH, Gechingen www.mewa-recycling.de <p><u>Separadores de metal (ferroso y no ferroso)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Steinert Elektromagnetbau GmbH, Colonia www.steinertglobal.com - IMRO Maschinenbau GmbH, Uffenheim www.imro-maschinenbau.de - Wagner Magnete GmbH & Co. KG, Heimertingen www.wagner-magnete.de <p><u>Clasificación asistida por sensores</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tomra Systems GmbH www.tomra.de - Sesotec GmbH www.sesotec.com

OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Se puede obtener información más detallada sobre la preparación de los residuos de vidrio, con notas y enlaces de las empresas respectivas, por ejemplo, en:

Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung (Federación de materias primas secundarias y eliminación de residuos):

www.bvse.de

Bundesverband Glasindustrie e.V.

www.bvglas.de

Aktionsforum Glasverpackungen

www.glasaktuell.de

European Container Glass Federation (FEVE)

www.feve.org

glasstec – International Trade Fair for Glass Production

www.glasstec.de

CLASIFICACIÓN Y PREPARACIÓN DE ENVASES LIGEROS

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN

-Procesamiento de los envases ligeros procedentes de los residuos domésticos e industriales para obtener fracciones puras de metales, plásticos y materiales compuestos aptas para el reciclaje.

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros	X	Alimentos, jardines	
Papel, cartulina, cartón		Residuos domésticos mixtos	X ⁸	Residuos voluminosos	
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera		Residuos de construcción y demolición	
Aceites usados		Pinturas y barnices		Neumáticos	
Residuos peligrosos					
Residuos específicos de producción y sectoriales					
Otros tipos de residuos	X ⁹	Residuos menudos de productos del mismo material			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Es necesaria una recogida por separado de los residuos de envases o de los residuos domésticos secos.

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Por regla general, las fracciones de material obtenidas de la clasificación son aptas para su reciclaje directo, sin tratamiento previo (metales, cartones); sin embargo, el aprovechamiento de los plásticos exige con frecuencia una preparación específica según el material, aunque también pueden ser destinados a un aprovechamiento energético directo.

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

Los cuerpos extraños e interferentes, extraídos en la clasificación, tienen que ser eliminados de forma ecológicamente correcta. Normalmente, el material residual de la clasificación es transformado en combustibles sólidos recuperados para su aprovechamiento en la co-incineración (ver la hoja de datos [Co-incineración industrial](#)). Si esto no fuese posible, será necesario buscar otro aprovechamiento energético.

Riesgos especiales para la salud

Los procesos de clasificación pueden ir asociados a una elevada carga del entorno de trabajo con gérmenes bacterianos, contaminación y esporas. Por lo tanto, deben adoptarse las medidas de precaución correspondientes (p. ej. ventilación, aspiración, uso de ropa de protección, mascarilla o protección respiratoria).

Requisitos especiales de protección

Son necesarias medidas de protección especialmente contra el ruido y contra incendios, además de medidas de seguridad laboral cuando se utilicen medios de trabajo móviles y cargas (material en fardos) o instalaciones con componentes móviles.

Posibilidades especiales de empleo de mano de obra

Los procesos de clasificación de envases pueden ser realizados manualmente, por lo que presentan un elevado potencial de ocupación de mano de obra, sobre todo de trabajadores menos cualificados.

⁸ Solo para fracción seca de los residuos domésticos

⁹ La recogida por separado de residuos de envases mixtos puede combinarse con la recogida de residuos menudos de productos del mismo material (sistema de recogida conjunta como, por ejemplo, el principio de "cubo de reciclaje" (www.wertstofftonne-berlin.de). Ensayos piloto han confirmado la viabilidad de ese planteamiento y la posibilidad de la separación y preparación posteriores de las diferentes fracciones.

EFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD	
Datos climáticos	
Las instalaciones de clasificación tienen que estar protegidas contra la intemperie, sobre todo contra el viento y la lluvia, en especial las zonas de almacén y de clasificación.	
Otros	
Para que el proceso sea rentable se necesita una elevada calidad y vías de aprovechamiento, o introducir instrumentos de financiación, como una tasa a los residuos de envases o la concesión de licencias (ver por ejemplo el planteamiento del sistema "El punto verde" / The „Green Dot“).	
DETALLES TÉCNICOS	
SINOPSIS GENERAL	
DESCRIPCIÓN ABREVIADA	Básicamente la preparación comprende procesos mecánicos, con diferentes grados de automatización, y fases de clasificación para obtener fracciones aprovechables a partir del material entrante. El principio básico consiste en una disposición determinada de las diferentes fases consecutivas de trituración, cribado y clasificación, con un grado mayor o menor de automatización y modernos equipos. Estas instalaciones pueden incorporar también fases de clasificación manual.
REQUISITOS BÁSICOS	- El material entrante tiene que estar separado de los residuos industriales y de los residuos domésticos húmedos o bien debe limitarse la recogida a la fracción seca de los residuos domésticos.
RESULTADOS ESPERADOS	- Material apto para el reciclaje con calidades definidas - Separación (parcialmente) automática de materiales sintéticos en PE, PP, PET y PS - Granulados de plástico con procedimientos de transformación de plásticos conectados a los procesos de clasificación
VENTAJAS ESPECIALES	Las ventajas varían en función de la configuración seleccionada para el procedimiento y la instalación. - <u>Configuración básica</u> - Técnicas sencillas, por tanto inversión de capital relativamente baja - Muy fiable, disponibilidad de la planta > a 95% - Muy flexible - <u>Configuración avanzada</u> - Mayor rendimiento en comparación con la configuración básica - Separación más eficaz en comparación con la configuración básica - Menor demanda de mano de obra - Flexibilidad relativa
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	Las ventajas varían en función de la configuración seleccionada para el procedimiento y la instalación. - <u>Configuración básica</u> - Trabajo intenso (elevada demanda de mano de obra) - Rendimiento claramente inferior - <u>Configuración avanzada</u> - Mayor rendimiento en comparación con la configuración básica - Exige mayor cualificación del personal - Mayor demanda de energía e inversión
DETALLES DE APLICACIÓN	
REALIZACIÓN TÉCNICA	La configuración básica consiste en varios procesos mecánicos dirigidos a separar materiales finos por cribado, a la que sigue una clasificación manual de diferentes materiales. El proceso se articula según el esquema siguiente.

CONTINUACIÓN
REALIZACIÓN
TÉCNICA

Imagen 4: Ejemplo de un proceso de clasificación para obtener diferentes fracciones de plásticos (configuración básica)



Imagen 5: Ejemplo de un planta de clasificación (configuración básica) (Foto: INTECUS)



Una configuración más avanzada es similar a la configuración básica, pero en este caso se integran fases de clasificación automática, como tecnología por infrarrojos, y diferentes etapas de separación para la obtención de metales ferrosos y no ferrosos, materiales ligeros, etc. Estas disposiciones varían en orden y cantidad de unas instalaciones a otras. El siguiente esquema muestra un ejemplo de un proceso de clasificación:

Imagen 6: Ejemplo de un proceso de clasificación de plásticos (configuración avanzada)



Proceso de transformación de plásticos

Tras la clasificación de los envases ligeros se lleva a cabo una transformación de las fracciones obtenidas en polímeros granulados o en polvo con calidades definidas. Una parte de los materiales producidos puede ser incorporada directamente a los procesos de fabricación (p. ej. granulado de plástico, aluminio, fibras de papel) o bien servir de base para procesos de reciclaje de materiales específicos como plásticos mixtos, cartones de bebidas, etc.

A continuación un ejemplo del proceso¹⁰ en el que se transforma las botellas de PET usadas en copos reciclados para la producción de nuevo de botellas de PET (esquema simplificado):

Imagen 7: Esquema del proceso de la empresa KRONES (esquema según KRONES AG, www.krones.de)



¹⁰ Krones AG: <http://www.krones.com/de/produkte/abfuellung/bottle-to-bottle-pet-recyclinganlage.php>

<p>FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL</p>	<p>Varían en función de la configuración seleccionada para el procedimiento y la instalación.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Configuración básica</u> <ul style="list-style-type: none"> - El posible rendimiento de estas instalaciones se sitúa en aprox. 1 Mg/h. - <u>Configuración avanzada</u> <ul style="list-style-type: none"> - El posible rendimiento de estas instalaciones puede variar de 3 a 20 Mg/h. <p>El balance másico en el ejemplo del tratamiento de material de Iserlohn¹¹, con una entrada de 72.000 Mg por año, es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para aprovechamiento de material: metales ferrosos: <ul style="list-style-type: none"> 8.000 Mg, metales no ferrosos 2.200 Mg PE: 2500 Mg, PP 5.000 Mg, PS 1.800 Mg, PET 1.400 Mg láminas 4.800 Mg tetra pak: 5.000 Mg papel y cartón: 1.800 Mg - Para aprovechamiento energético: <ul style="list-style-type: none"> materiales mixtos (valor calorífico alto): 19.000 Mg productos previos CSR (valor calorífico medio): 17.400 Mg material restante (valor calorífico bajo): 2.900 Mg
<p>RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<p>Para los procesos de tratamiento más complejos, con un elevado grado de tecnificación, son más convenientes, en general, las plantas especializadas externas o separadas del lugar de uso posterior de los materiales secundarios obtenidos. Donde la clasificación sea más sencilla, por ejemplo, solo de flujos parciales como metales o materiales compuestos, se puede instalar la preparación de esos materiales como fase previa a la producción e integrarla en ella.</p>
<p>VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS</p>	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<p>Las plantas con una configuración básica presentan una demanda relativamente baja de energía. La demanda de energía de la configuración avanzada aumenta en función de los componentes instalados.</p>
<p>RELEVANCIA PARA EL CO₂</p>	<p>La sustitución y la reducción del consumo de recursos primarios por el uso de los materiales secundarios obtenidos de los residuos genera, por regla general, un ahorro de las emisiones de CO₂ que se producirían si no se hiciese ese uso.</p> <p>En el ejemplo de la planta de tratamiento de material de Iserlohn (rendimiento de 72.000 Mg) se ha calculado un ahorro anual cercano a las 55.000 t de CO₂ eq. Ese ahorro se desglosa en un 70% por la sustitución de materia prima primaria y en un 30% por el aprovechamiento energético de materiales mixtos, CSR, etc.</p>
<p>MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La clasificación no precisa de ningún otro aporte. - Agua y aditivos químicos en la fase de transformación para el tratamiento mecánico húmedo.
<p>RECURSOS HUMANOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Configuración básica</u> <ul style="list-style-type: none"> - 12 trabajadores de media - <u>Configuración avanzada</u> <ul style="list-style-type: none"> - Entre 7 y 30 trabajadores
<p>DEMANDA DE SUPERFICIE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aproximadamente 5.000–10.000 m² para una planta de tamaño medio

¹¹ INFA GmbH, Prognos AG: Planta de preparación de material Iserlohn-Sümmernals, proyecto de KlimaExpo. Balance material en NRW [Renania del Norte-Westfalia] y efecto sobre el clima, http://www.klimaexpo.nrw/fileadmin/user_upload/Projekte/WAA_Lobbe/Anhang_WAA_Lobbe_Klimawirkung_Mengenbilanz.pdf, última modificación 12.10.2015

COSTE DE TRATAMIENTO POSTERIOR	- El porcentaje de cuerpos extraños e interferentes puede ser del orden de 40–55 % del material entrante, tratándose principalmente de materiales que tienen que ser eliminados de forma ecológicamente correcta por incineración.																		
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES																			
COSTES DE INVERSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Configuración básica</u> <ul style="list-style-type: none"> - La inversión para una línea de procesos media oscila entre los 50.000–150.000 euros, sin incluir otras estructuras ni la envoltura de edificios (fecha 2008). - <u>Configuración avanzada</u> <ul style="list-style-type: none"> - Según el grado de tecnificación (especialmente en función de la cantidad de fases de separación con sensores) puede superar los 13 millones de euros. 																		
COSTES DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Varían notablemente en función de la técnica utilizada. - Valores orientativos se sitúan en torno a 150–650 Euros/Mg, incluidos los costes para la eliminación de cuerpos extraños. - Se incluye los costes de reparaciones y mantenimiento, en función de la configuración de las instalaciones, en una cantidad media del 6% de los costes de inversión y año. 																		
POSIBILIDAD DE INGRESOS	<ul style="list-style-type: none"> - Los ingresos procedentes de las fracciones obtenidas dependen de la situación del mercado en cada momento y de la calidad. Cabe mencionar como ejemplos: <table border="1" style="margin: 10px auto; width: 80%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #4CAF50; color: white;"> <th>Tipo de plástico</th> <th>Julio 2015 [EUR/Mg]</th> <th>Julio 2014 [EUR/Mg]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HDPE en polvo</td> <td style="text-align: center;">620</td> <td style="text-align: center;">620</td> </tr> <tr> <td>HDPE granulado</td> <td style="text-align: center;">920</td> <td style="text-align: center;">920</td> </tr> <tr> <td>PP en fardos</td> <td style="text-align: center;">260</td> <td style="text-align: center;">290</td> </tr> <tr> <td>PP en polvo</td> <td style="text-align: center;">590</td> <td style="text-align: center;">550</td> </tr> <tr> <td>PET en polvo mixto</td> <td style="text-align: center;">420</td> <td style="text-align: center;">410</td> </tr> </tbody> </table> - El coste de preparación y reciclaje de envases puede ser compensado a través de modelos de financiación especiales, un ejemplo de ello es el modelo de concesión de licencias del Punto Verde en Alemania. 	Tipo de plástico	Julio 2015 [EUR/Mg]	Julio 2014 [EUR/Mg]	HDPE en polvo	620	620	HDPE granulado	920	920	PP en fardos	260	290	PP en polvo	590	550	PET en polvo mixto	420	410
Tipo de plástico	Julio 2015 [EUR/Mg]	Julio 2014 [EUR/Mg]																	
HDPE en polvo	620	620																	
HDPE granulado	920	920																	
PP en fardos	260	290																	
PP en polvo	590	550																	
PET en polvo mixto	420	410																	
COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA	- No se dispone de datos																		
OTROS DETALLES																			
SINOPSIS DEL MERCADO																			
APLICACIONES DE REFERENCIA	<p>En Europa y en todo el mundo se encuentra un gran número de instalaciones de clasificación con las configuraciones descritas. A continuación algunos ejemplos de Alemania.</p> <ul style="list-style-type: none"> - WAA Iserlohn www.lobbe.de - Planta de clasificación de Leipzig www.alba.info <p>Se puede obtener una lista de otras instalaciones en las páginas del Estado federado de <u>Brandeburgo</u></p> <p><u>Transformación de plásticos / producción de copos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Krones AG www.krones.com - Multipet GmbH Bernburg www.mp-bbg.eu - Systec Plastics www.systalen.de <p>Un gran número de empresas de eliminación de residuos operan este tipo de instalaciones en diferentes variantes. He aquí algunos ejemplos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Suez Environment www.suez-deutschland.de - Remondis www.remondis.de - Alba-Gruppe www.alba.info 																		

<p>FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS</p> <p><i>(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)</i></p>	<p>Los sistemas y equipos utilizados para el tratamiento forman parte de la gama habitual de técnicas disponibles para los procesos mecánicos en todo el sector de gestión de residuos o de aplicación en él. Algunas de estas técnicas son:</p> <p><u><i>Cintas transportadoras y dosificadora</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rudnick + Enners Maschinen- u. Anlagenbau GmbH, Alpenrod www.rudnick-enners.de - Ludden & Mennekes, Meppen www.ludden.de - Máquinas especiales y técnica de reciclaje, Chemnitz www.sr-recyclingtechnik.com <p><u><i>Abridor de sacos</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Matthiessen Lagertechnik GmbH, Krempe www.bagsplitter.com <p><u><i>Tecnologías de clasificación</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel www.mogensen.de - Stadler Anlagenbau GmbH, Altshausen www.w-stadler.de - EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com <ul style="list-style-type: none"> - Spaleck – Técnicas de transporte y separación www.spaleck.de <p><u><i>Separadores de metal (ferroso y no ferroso)</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Steinert Elektromagnetbau GmbH, Colonia www.steinertglobal.de - IMRO Maschinenbau GmbH, Uffenheim www.imro-maschinenbau.de - Wagner Magnete GmbH & Co. KG, Heimertingen www.wagner-magnete.de <p><u><i>Compactadoras y prensas</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> - HSM GmbH + Co. KG, Salem www.hsm.eu - Bomatic–Umwelt- und Verfahrenstechnik GmbH, Hamburgo www.bomatic.de - Erdwisch Zerkleinerungs-Systeme GmbH, Kaufering www.erdwisch.de - MeWa Recycling Maschinen und Anlagenbau GmbH, Gechingen www.mewa-recycling.de <p><u><i>Clasificación con sensores</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tomra Systems GmbH www.tomra.de - Sesotec GmbH www.sesotec.com
OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
<p>Se puede obtener información más detallada sobre los sistemas de recogida y preparación de envases, con indicaciones y enlaces de las empresas operadoras, por ejemplo, en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung (Federación de materias primas secundarias y eliminación de residuos): www.bvse.de - Página web de sistemas duales: www.recycling-fuer-deutschland.de - Asociación profesional para el reciclaje de plásticos www.kunststoff-verwertung.de - Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V. www.kunststoffverpackungen.de 	

PREPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS VOLUMINOSOS

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN	- Preparación de los residuos voluminosos domésticos e industriales para extraer fracciones de material limpias para el reciclaje y otros aprovechamientos.
-------------------------------	---

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Alimentos, jardines	
Papel, cartulina, cartón		Residuos domésticos mixtos		Residuos voluminosos	X
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal	X	Madera		Residuos de construcción y demolición	
Aceites usados		Pinturas y barnices		Neumáticos	X
Residuos peligrosos					
Residuos específicos de producción y sectoriales	X	Piezas de gran tamaño mezcladas, sin materiales contaminados			
Otros tipos de residuos	X	Residuos industriales con un elevado porcentaje de material aprovechable, pero sin elementos contaminantes (p. ej. sin acumuladores)			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

No se requiere ningún otro tratamiento previo, a excepción de la recogida clasificada de los residuos voluminosos en su lugar de origen.

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Las fracciones de material, obtenidas de la clasificación, pueden ser aprovechadas directamente (p. ej. metales, madera) o bien preparadas para el reciclaje o un aprovechamiento energético.

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

El material residual de la clasificación requiere un tratamiento posterior o una eliminación por procedimientos adecuados. Las fracciones restantes con un alto valor calorífico pueden ser destinadas a la incineración y el material inerte depositado en vertederos apropiados.

Requisitos especiales de protección

Son necesarias medidas de protección contra el ruido y, en particular, de protección contra incendios.

Posibilidades especiales de empleo de mano de obra

En muchos casos, la preparación de los residuos voluminosos puede ser llevada a cabo manualmente, por lo que presenta un elevado potencial de ocupación de mano de obra, sobre todo de trabajadores menos cualificados. Para que el proceso sea rentable se necesita una elevada calidad y vías de aprovechamiento, o implantar instrumentos de financiación, como una tasa por la recogida de los residuos voluminosos. Otro planteamiento adecuado para el tratamiento de los residuos voluminosos consiste en dar ocupación a personas socialmente desfavorecidas (p. ej. personas con limitaciones de salud o discapacidad) o personas con especial dificultad de colocación para la separación de piezas especiales de los residuos voluminosos (p. ej. muebles, antigüedades o determinados aparatos), realizar reparaciones para su reutilización o desmontar las piezas para obtener piezas de repuesto.

Mecanismos de financiación adecuados

El coste de la recogida de los residuos voluminosos y su tratamiento puede ser incluido como cuota parcial en las tasas generales de recogida de basuras, siendo posible también una facturación de la cuota a cobrar por separado al productor de los residuos. Han dado buenos resultados planteamientos como el cobro de una cantidad fija por unidad de recogida (p. ej. por m³) o una tasa adicional por cada unidad de residuos voluminosos que exceda una cantidad anual fija. El cálculo de los costes debe contemplar los ingresos procedentes de la venta de piezas reparadas o de repuestos. Sería posible ofrecer una recogida de residuos voluminosos parcialmente gratuita o, al menos, eximir de las tasas las piezas susceptibles de venta o reutilización.

EFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD	
<u>Datos de las infraestructuras</u> Se requiere buena accesibilidad y suficiente capacidad de almacenamiento, tanto para la recogida como en las instalaciones de preparación.	
<u>Datos climáticos</u> Tanto los residuos mismos como las instalaciones de preparación (en especial la zona de almacén y de clasificación) deben estar protegidos contra los efectos de la intemperie como viento o precipitaciones fuertes.	
DETALLES TÉCNICOS	
SINOPSIS GENERAL	
DESCRIPCIÓN ABREVIADA	La clasificación de los residuos voluminosos puede tener lugar en el lugar de origen o bien en una planta de clasificación tras su recogida. El proceso de clasificación en una planta comprende diferentes etapas mecánicas, con diferentes grados de automatización, para obtener fracciones de material con una determinada pureza para el reciclaje u otros aprovechamientos. El objetivo del proceso es separar la madera y las fracciones aprovechables como metales, papel, plásticos o fracciones mixtas de alto o bajo contenido calorífico.
REQUISITOS BÁSICOS	- Recogida de componentes sin elementos contaminantes y solo con bajos porcentajes de sustancias minerales y orgánicas.
RESULTADOS ESPERADOS	- Obtener diferentes fracciones (madera, metales, fracción de elevada potencia calorífica, parcialmente papel) con calidad suficiente para la comercialización, pero sobre todo para el reciclaje o para otras vías de reutilización. - Obtener productos completos o piezas aptas para la venta o la reutilización.
VENTAJAS ESPECIALES	- Procesos fiables y de fácil realización por su sencillez y baja demanda de capital. - Tendencia relativamente baja a las averías y, por lo tanto, elevada disponibilidad de las instalaciones. - Flexibilidad ante los cambios en la calidad del material entrante y fácil adaptación a flujos de salida específicos.
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	- La demanda de mano de obra puede ser muy elevada.
DETALLES DE APLICACIÓN	
REALIZACIÓN TÉCNICA	La clasificación de residuos voluminosos puede efectuarse con <u>tecnología sencilla</u> en el lugar de origen de los residuos o en un punto de recogida centralizado, como un "punto limpio"; pero también en <u>instalaciones especiales de clasificación</u> con un elevado grado de automatización. Todos los procesos incluyen siempre estas fases: - Clasificación previa para separar los electrodomésticos y otros aparatos electrónicos (en caso de su recogida junto con los residuos voluminosos) y el material grueso interferente. - Clasificación propiamente dicha (manual). <u>Clasificación de los residuos voluminosos en origen</u> Los componentes de los residuos y objetos que deban conservar su estructura, que puedan ser reutilizados o que requieran una preparación especial (como, por ejemplo, colchones, alfombras, muebles especiales) deberían ser clasificados en origen y ser transportados por separado. Este principio de clasificación se denomina - <i>recogida de basuras tandem</i> Este tipo de recogida se aplica, por ejemplo, también para separar madera del resto de los residuos voluminosos en el lugar de producción. Los flujos de material separados son cargados en dos vehículos y transportados para su aprovechamiento. Los vehículos con sistema de prensado no son aptos para las piezas reutilizables.

CONTINUACIÓN
REALIZACIÓN
TÉCNICA

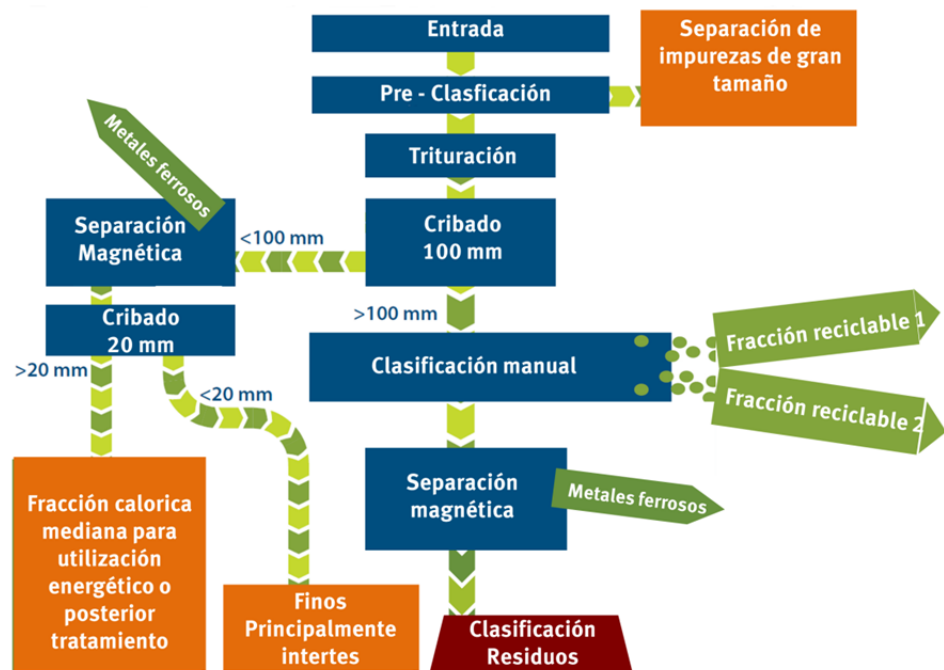
Separación en el punto de descarga o en un punto limpio centralizado

La separación de la madera y los metales se efectúa manualmente o con ayuda de pinzas o grúas. Del material bruto descargado se separan la madera maciza y las piezas de metal grandes. Con este método se puede separar cerca del 50 % del contenido medio de madera en los residuos voluminosos situado en un 30–50 %.

Instalaciones de clasificación especiales

Las instalaciones con un mayor grado de equipamiento, aparte de los residuos voluminosos, suelen realizar también la clasificación de otros tipos, como residuos industriales. Las dimensiones de las instalaciones para la clasificación de residuos voluminosos varían también en función de los recursos disponibles (personal) y de los ingresos obtenidos con los flujos de salida. A la clasificación previa le sigue, en general, un cribado para la separación de metales ferrosos. Un cribado posterior separa la fracción fina de los componentes gruesos con elevado valor calorífico. Con frecuencia se divide el proceso en varias líneas, donde también es posible la aplicación de la tecnología NIR para separar los plásticos. El esquema siguiente muestra un ejemplo.

Imagen 8: Ejemplo de un proceso de clasificación para obtener diferentes fracciones a partir de los residuos voluminosos



FLUJO Y
CANTIDADES
DE MATERIAL

- Los flujos de salida varían en función de la composición del material entrante. La relación siguiente muestra un ejemplo de los resultados medios en Alemania.
- Material entrante: 100% residuos voluminosos
- Material obtenido: 25–50% madera
10–20% metales
10–20% alto valor calorífico, el resto es material fino inerte
- El rendimiento de las instalaciones de clasificación de residuos voluminosos se sitúa en un rango de 5–20 Mg/h por línea.

RELACIÓN Y
COMBINACIÓN CON
OTRAS TÉCNICAS

Cuando se trate de clasificaciones sencillas, por ejemplo, para la obtención de fracciones como metales y madera, es posible realizar la separación correspondiente directamente en un lugar de producción que se ocupe del reciclaje de esos materiales o los integre de nuevo en sus propios procesos. En el caso de clasificaciones más complejas para obtener varias fracciones de materiales es conveniente realizar el proceso por separado en instalaciones especializadas.

VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	El consumo de energía es, en general, comparativamente bajo, si bien se incrementa al aumentar el grado de automatización.
RELEVANCIA PARA EL CO ₂	Las materias primas secundarias obtenidas contribuyen a evitar las emisiones adicionales de CO ₂ que se generarían para la producción con materias primas primarias y su obtención. El metal reciclado disminuye la demanda de recursos primarios y requiere un menor aporte de energía. En comparación con la producción de metal a partir de mineral bruto, el uso de 1 Mg de chatarra de hierro evita de media más de 900 kg de CO ₂ y 1 Mg de chatarra de metales nobles unos 9000 kg de CO ₂ ¹² .
MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS	- No requiere ningún otro aporte a excepción de las técnicas citadas.
RECURSOS HUMANOS	- La demanda de mano de obra depende del tamaño de la instalación, del proceso de clasificación y del grado de automatización. Una demanda típica de recursos humanos en una planta para la clasificación de residuos voluminosos es, por ejemplo, de 8 empleados: 1 jefe de equipo, 6 clasificadores y 1 empleado flexible (carretillero, maquinista). - Para la clasificación en el lugar de origen el mínimo es un grupo de 2–3 trabajadores.
DEMANDA DE SUPERFICIE	- De 3.000 hasta más de 5.000 m ² para unas instalaciones de tamaño medio.
COSTE DE TRATAMIENTO POSTERIOR	- En particular para la fracción fina que requiere eliminación.
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	- La inversión media se sitúa en un rango de 70–200 EUR/(Mg*a), según el tamaño de la instalación (rendimiento) y el equipamiento técnico. - Para la clasificación en origen solo se requieren inversiones puntuales para máquinas (pinzas) y un puesto de clasificación (mín. 250 m ²) con el coste total que varía en un rango de 150.000–200.000 euros (fecha 2008).
COSTES DE OPERACIÓN	- Se sitúan en un rango de 20–50 EUR/Mg (sin los ingresos ni el coste de eliminación, fecha 2008) - El coste de la recogida tándem asciende a un 10–30% sobre el coste de la recogida convencional de residuos voluminosos (en especial por el elevado coste de personal y vehículos). Por lo tanto, solo resulta en cierta medida rentable y ventajosa en zonas densamente pobladas.
POSIBILIDAD DE INGRESOS	- Los ingresos dependen de los precios del mercado para los materiales separados como metales, madera, papel o para la venta de piezas de repuesto obtenidas, así como de la reutilización de objetos preparados (p. ej. muebles, aparatos técnicos, etc.).
COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA	- El coste total medio oscila en un rango entre 50–100 EUR/Mg (en función de los ingresos y los costes de eliminación, fecha 2008). - El coste para la clasificación en el punto de producción de los residuos se sitúa en el orden de 10–20 EUR/Mg. (Fecha 2008).

¹² Agencia Federal de Medio Ambiente, textos 46/2015: The Climate Change Mitigation Potential of the Waste Sector

OTROS DETALLES	
SINOPSIS DEL MERCADO	
APLICACIONES DE REFERENCIA	- Los procedimientos descritos están ya muy extendidos en Europa y en el resto del mundo.
FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS <i>(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)</i>	<p>La mayoría de las empresas de eliminación de residuos de Alemania incluyen la clasificación de residuos voluminosos y han construido sus propias instalaciones o desarrollado procesos para ello. Se puede obtener una lista de instalaciones ejemplo del Estado federado de <u>Brandeburgo</u>.</p> <p>Los sistemas y equipos utilizados para el tratamiento forman parte de la gama habitual de técnicas disponibles para los procesos mecánicos en todo el sector de gestión de residuos o de aplicación en él. Algunas de estas técnicas son:</p> <p><u>Cintas transportadoras y dosificadores</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Rudnick+Enners Maschinen- u. Anlagenbau GmbH, Alpenrod www.rudnick-enners.de - Ludden&Mennekes, Meppen www.ludden.de - Máquinas especiales y técnica de reciclaje, Chemnitz www.sr-recyclingtechnik.com <p><u>Trituradoras</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - HAMMEL Recyclingtechnik GmbH, Bad Salzungen www.hammel.de <p><u>Separadores y técnicas de clasificación</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com - Stadler Anlagenbau GmbH, Altshausen www.w-stadler.de - Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel www.mogensen.de - Spaleck – Técnicas de transporte y separación www.spaleck.de <p><u>Separadores de metal (ferroso y no ferroso)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Steinert Elektromagnetbau GmbH, Köln www.steinertglobal.com - IMRO Maschinenbau GmbH, Uffenheim www.imro-maschinenbau.de - Wagner Magnete GmbH & Co. KG, técnicas de sujeción y medio ambiente, Heimertingen www.wagner-magnete.de <p><u>Tecnología NIR</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tomra Systems GmbH, Langenfeld www.tomra.de - Sesotec GmbH www.sesotec.com

COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

FUNCIÓN, OBJETIVO:

- La producción de humus a partir de los materiales orgánicos y no orgánicos de los residuos orgánicos por medio de procesos biológicos
- Una reducción significativa de peso y tamaño de los residuos orgánicos que de otra manera, deben ser depositados en vertederos o tratados térmicamente.
- Se reduce la capacidad de reacción de los residuos provenientes de otros procesos. Por ejemplo, de la fermentación (ver hoja informativa “[fermentación anaeróbica](#)”)

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Residuos orgánicos	X
Papel / carton	X ¹³	Residuos domésticos mezclados		Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Madera	X ¹⁴	Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos	X	Residuos de cocina y alimentos, residuos de la agricultura y la silvicultura, estiércol, residuos biodegradables de la industria alimenticia			
Otros residuos	X	Materiales biodegradables, recogidos por separado y que no contienen componentes peligrosos.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Estos residuos deben ser recolectados de manera diferenciada, especialmente de sustancias peligrosas (por ejemplo, baterías) y de materiales que puedan interferir en el proceso de compostaje. Debe reducirse el tamaño de los elementos de gran tamaño, como pueden ser partes de árboles y setos.

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

El compost obtenido puede utilizarse en la agricultura, la jardinería y el paisajismo, como sustrato para cultivos especiales, en movimientos de tierra, etc. Los materiales de madera pueden utilizarse en procesos energéticos

Posibilidades de disposición y almacenamiento del material obtenido

Los residuos del compostaje, como los separados por el cribado, deben ser tratados con otros métodos (Por ej. Tratamiento térmico).

Seguimiento posterior:

No hay requisitos especiales. Generalmente, se lleva a cabo un saneamiento adecuado durante el proceso de compostaje. Además, debe realizarse un buen control de calidad del compost obtenido.

Mediades de protección necesarias

El aire que generado durante el proceso de compostaje debe ser retenido y tratado o pueden aplicarse medidas o procedimientos técnicos para evitar o reducir las emisiones

Riesgos a la salud potenciales:

En los lugares de recepción de material y en donde se realizan procesos mecánicos, existen riesgos de cargar el aire con gérmenes y esporas. Deben tomarse medidas técnicas y de protección personal (succión, máscaras de seguridad) para prevenir estos riesgos.

Mecanismos de financiación:

El financiamiento puede realizarse a través de la aplicación de tasas en los sistemas de recogida de residuos (orgánicos). Alternativamente, los costos pueden ser incluidos en las tarifas mensuales para la recolección de residuos municipales o cubiertos por los modelos de financiación a tanto alzado para la gestión de residuos.

¹³ Solo ciertos tipos de papeles en pequeñas cantidades y en combinación con otros residuos orgánicos húmedos.

¹⁴ Solo maderas no tratadas cuyo reciclado no es rentable.

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA APLICACIÓN

Infraestructura:

Las plantas de compostaje pueden instalarse en cualquier lugar, pero debe preferirse localizaciones cercanas a los principales lugares de generación de residuos orgánicos y cerca de rutas de transporte para permitir la venta del compost producido. Como con la mayoría de las plantas de tratamiento de residuos, éstas deben guardar cierta distancia con las zonas residenciales más cercanas para prevenir molestias por olores y animales peligrosos

Condiciones climáticas:

Diferentes variantes del proceso (abierto/cerrado) permiten su aplicación en todos los tipos de climas, incluidos en lugares de frío extremo. En el caso de procesos abiertos, debe tenerse en cuenta que, a mayor temperatura hay mayor evaporación y a bajas temperaturas se pueden inhibir los procesos de descomposición biológicos. En este caso, pueden utilizarse cubiertas especiales (por ejemplo, membranas especiales). En lugares donde hay una gran intensidad de precipitaciones, las zonas de descomposición deben estar bajo techo.

Oferta de trabajo:

El compostaje de residuos crea nuevas fuentes de trabajos, ya sea para personal altamente capacitado o para personal no especializado. Para los procesos más complejos (como el compostaje en túneles) se requiere personal especialmente capacitado y personal de supervisión.

DETALLES TÉCNICOS




DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN	<p>El compostaje es un proceso aeróbico que convierte, bajo condiciones especiales, el material orgánico en CO₂, agua y humus. Durante la primer etapa se da el mayor consumo de oxígeno y se reduce gradualmente a lo largo del proceso. Durante la descomposición biológica los materiales elevan su temperatura (alrededor de 65–75°) al comienzo del proceso, lo que hace que el material se seque y se produzca el saneamiento del mismo. Los procesos de compostaje van desde variantes sencillas, abiertas (por ej. Volteo mecánico al aire libre de los residuos) hasta variantes controladas de gran precisión, en sistemas cerrados como compostaje en túneles.</p>
REQUISITOS BÁSICOS	<p>Para obtener un buen producto del compostaje hay cuatro requisitos de calidad que deben cumplir los materiales procesados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deben ser recolectados de manera separada y libres de elementos contaminantes - Deben permitir que las instalaciones provean una adecuada aireación - Una relación C/N de 20:1 hasta 40:1 - Un contenido de agua de 50–60 % <p>Una relación de carbono / nitrógeno de 25:1–30:1 es óptima para un proceso de compostaje más rápido. Grandes concentraciones de nitrógeno deben ser evitadas, ya que, el nitrógeno en el material tratado se convierte en amonio mediante la actividad microbiológica. Con un Ph > 7, la presencia de grandes concentraciones de amonio provocan emisiones indeseables de amoníaco. Durante el compostaje, se necesita mantener una temperatura de 55°C durante 2 semanas o de 65°C (en compostaje cerrado: 60°C) durante 1 semana para eliminar los patógenos y las malas hierbas.</p> <p>El agua obtenido del proceso, si no puede ser reutilizada en el mismo proceso, debe ser tratada de manera adecuada (por ej. De acuerdo a la Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas) antes de ser vertida en aguas superficiales.</p>
RESULTADOS A OBTENER	<ul style="list-style-type: none"> - Producto: Compost, material residual, impurezas y aguas residuales - El compost debe cumplir los siguientes requisitos de calidad para que sea estable y seguro: <ul style="list-style-type: none"> - La relación C/N debe ser claramente < 25 para uso agrícola. - No debe recalentarse a más de 20°C - Reducción volumen del material ingresado del 60% - Bajo contenido de metales pesados según estándares internacionales

VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Producción de un material escaso y muy demandado en algunas áreas. - Posibilidad de reciclar una gran fracción de los residuos, evitando así el vertido y otras medidas de tratamiento de residuos, evitando impactos ambientales negativos y grandes costos - Manejo relativamente sencillo y seguro - Inversiones relativamente bajas - Tecnologías de uso extendido y con gran aceptación 									
DESVENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Solo ciertas fracciones orgánicas de residuos pueden ser tratados. - Requiere una recolección diferenciada de residuos orgánicos. - En comparación, ocupa mucho espacio y tiempo. - La demanda de productos de alta calidad puede causar problemas en las ventas del producto. - Generación de malos olores en el entorno. 									
DETALLES DE APLICACIÓN										
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Cuando se descompone la materia orgánica en el compostaje pueden transferirse al producto final sustancias contaminantes que provienen de otros residuos. Por esta razón, es necesario una recolección diferenciada y lo más libre de contaminantes que se pueda. Luego, un proceso mecánico puede mejorar la calidad de los materiales a tratar. Sin embargo, este pretratamiento no puede asegurar que, por ejemplo, la fracción orgánica obtenida de residuos domésticos cumpla los requisitos de calidad necesarios para ser tratados por compostaje. El pretratamiento mecánico puede consistir en los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Separación de los componentes extraños y contaminantes - Trituración - Separación de metales. <p>Estos pretratamientos mecánicos se corresponden con los aplicados en los tratamientos biomecánicos de residuos y son descritos en la hoja informativa correspondiente. (Ver hoja informativa "Tratamientos biomecánicos")</p> <p>A través del pretratamiento mecánico se pueden obtener una relación de C/N óptima y una estructura adecuada para el compostaje en el material a tratar gracias a la combinación de diferentes residuos orgánicos. Por ejemplo, el follaje (mucho carbono, poco nitrógeno) puede mezclarse con residuos de alimentos (Mucho nitrógeno). De esta manera, las emisiones de amoníaco pueden minimizarse desde el comienzo del proceso de descomposición.</p> <p>En principio, hay dos sistemas diferentes de compostaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compostaje abierto (con pilas) - Sistemas cerrados <p>Tabla 3: Ventajas y desventajas de los sistemas de compostaje abiertos y cerrados</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th></th> <th>Sistema Abierto</th> <th>Sistema Cerrado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Ventaja</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Baja inversión - Bajos costos de funcionamiento </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Óptimo control del proceso Emisiones controladas Períodos más cortos de descomposición </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Desventajas</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Mayores problemas con la emisión de olores - Mayor tiempo de descomposición - Sin medidas adicionales, dependen fuertemente de las condiciones climáticas (Temperatura, humedad) </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor inversión </td> </tr> </tbody> </table> <p><u>Compostaje en pilas - Abierto</u></p> <p>El montaje de las pilas es realizado, usualmente, por máquinas cargadoras. Estas pilas tienen una altura de 1,80m a 3 m y sus formas pueden ser piramidal, trapezoidal o tabular. El proceso de descomposición dura de 10 a 60 semanas. El compostaje abierto cuenta con las siguientes variantes:</p>		Sistema Abierto	Sistema Cerrado	Ventaja	<ul style="list-style-type: none"> - Baja inversión - Bajos costos de funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Óptimo control del proceso Emisiones controladas Períodos más cortos de descomposición 	Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Mayores problemas con la emisión de olores - Mayor tiempo de descomposición - Sin medidas adicionales, dependen fuertemente de las condiciones climáticas (Temperatura, humedad) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor inversión
	Sistema Abierto	Sistema Cerrado								
Ventaja	<ul style="list-style-type: none"> - Baja inversión - Bajos costos de funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Óptimo control del proceso Emisiones controladas Períodos más cortos de descomposición 								
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Mayores problemas con la emisión de olores - Mayor tiempo de descomposición - Sin medidas adicionales, dependen fuertemente de las condiciones climáticas (Temperatura, humedad) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor inversión 								

CONTINUACIÓN-
DESCRIPCIÓN
TÉCNICA

Tabla 4: Variantes del compostaje abierto

Proceso estático		Proceso dinámico
Aireación pasiva	Aireación activa	
		
Aireación debido al calentamiento (efecto chimenea)	Aireación a través de conductos de ventilación y sopladores	
	Aireación por volteo	

Las partículas del material a tratar en procesos de aireación activa deben tener un tamaño promedio de 1cm y para los procesos con ventilación pasiva de 5 cm.

Figura 9: Ejemplo de aireación activa por volteo en un proceso dinámico (Fuente de imagen: Intecus)



Sistema cerrado

En sistemas cerrados, el compostaje se realiza en compartimentos cerrados. Aquí se pueden controlar y generar condiciones óptimas para el proceso que permiten reducir el tiempo de descomposición requerido y mejoran la calidad del producto. A continuación se presentan algunas variantes:

- **Compostaje en pilas / hileras**

Figura 10: Esquema del compostaje en pilas en un compartimento cerrado. (Ensamblado según "Linde KCA")

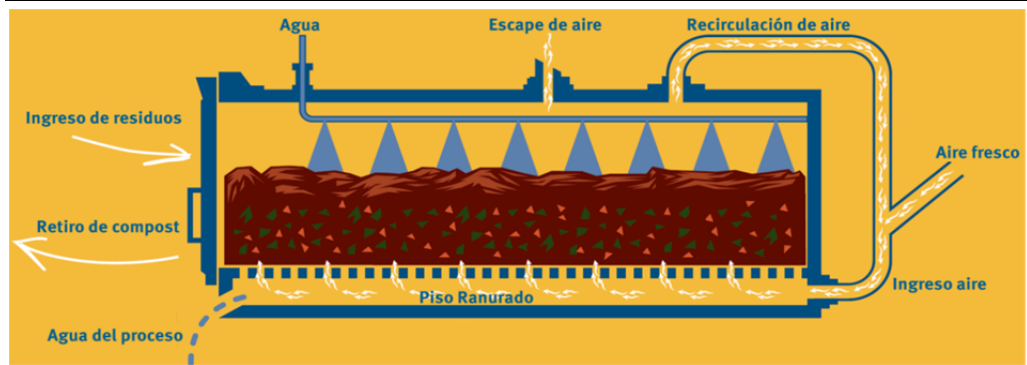


En los sistemas en salones de compostaje se utilizan, por lo general, pilas o hileras de residuos. Se realiza un riego continuo por medio de pulverizadores o intermitentemente durante el movimiento de los residuos. Los residuos son aireados y luego, el aire del salón es recolectado y tratado por filtros especiales.

- **Compostaje en túneles**

Este proceso es similar al de pilas o hileras. La descomposición se lleva a cabo en un túnel completamente cerrado, donde los residuos se humedecen y se airean según las necesidades del proceso. La ventilación se realiza por medio de ranuras en la parte inferior del túnel y el agua puede ser distribuida con aspersores. El aire de escape es controlado y tratado óptimamente.

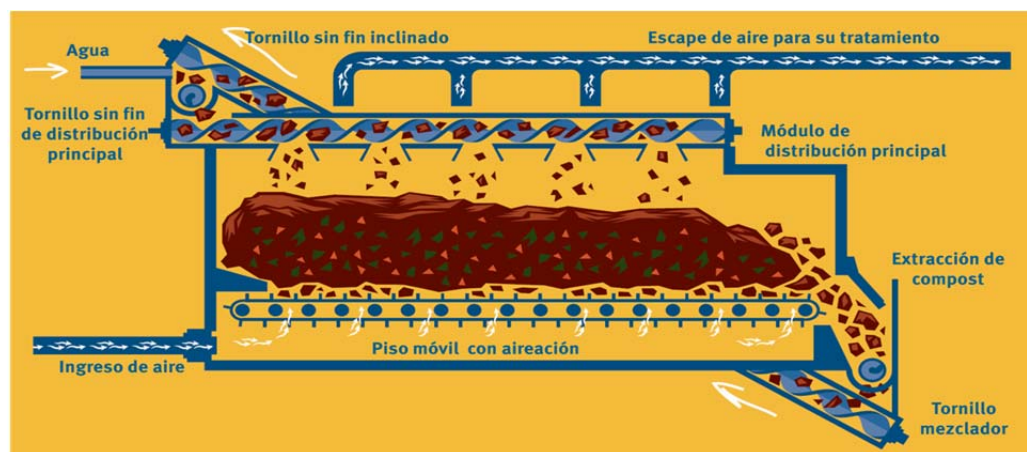
Figura 11: Esquema de compostaje en túneles (Ensamblado según "Linde KCA")



- Compostaje en contenedor

El se aplica por lotes con un suelo estacionario o móvil. En este proceso, el suelo perforado permite el ingreso del aire y el aire de salida es recolectado y tratado. Como en el compostaje en túneles, la descomposición se completa luego de 8-10 días.

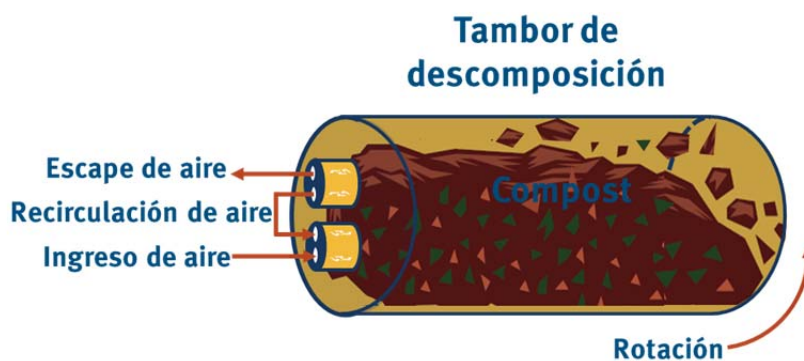
Figura 12: Esquema del proceso del compostaje en contenedor (Ensamblado según "Linde KCA")



- Compostaje en tambor – Compostaje rotativo

Este sistema usa tambores perforados que son fáciles de rotar. Son especialmente adecuados para realizar un pretratamiento, ya que permiten una buena homogeneización. A pesar de que las partes móviles sufren un gran desgaste, éstos tambores son fáciles de fabricar y manipular y permiten realizar la descomposición en un tiempo relativamente bajo. Este sistema es adecuado para plantas pequeñas de bajo rendimiento y con poco personal calificado.

Figura 13: Esquema del proceso de un sistema de compostaje en tambor



	Los sistemas abiertos y cerrados son, usualmente, combinados. Los sistemas cerrados son más adecuados para un compostaje intensivo, mientras que para almacenar después de la descomposición y finalizar la maduración, los sistemas abiertos son suficientes.
FLUJO DE MATERIALES	- Ingreso: 100 % Residuos orgánicos - Salida: 10–20 % material del cribado 35–40 % Compost (El 40–55 % restante es masa perdida por el proceso de descomposición, agua evaporada y residual, emisiones de gas)
ALCANCE	Las capacidades de las plantas de tratamiento van desde 300 t/a hasta 100.000 t/a, donde la mayoría de las plantas tienen una capacidad de 3.000-10.000 t/a. El compostaje en túneles tiene un mayor rendimiento que el compostaje en contenedores. El compostaje en túneles es económicamente sustentable a partir de un rendimiento de 3.000 t/a. El compostaje en contenedores se realiza en contenedores de 50–250 m ³ y los tambores ventilados, de 20 a 150 m ³ .
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	El compostaje de residuos municipales mezclados puede ser un paso previo para la disposición de los mismos en vertederos. El compostaje es un componente de los procesos biomecánicos (Ver hoja informativa “ tratamientos biomecánicos ”). Sin embargo, es mejor establecer el proceso de compostaje dentro un plan integral de gestión de residuos considerando una recolección diferenciada y diferentes usos posteriores. Un compost apto para ser utilizado como fertilizante solo puede ser producido de residuos orgánicos recolectados de forma separada.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	- Un sistema de compostaje intensivo necesita entre 15–65 kWh/t, donde la parte mecánica necesita 10 kWh/t. En general, lo que mayor energía demanda es la ventilación, de otra manera el consumo de energía sería de 2 a 15 kWh/t dependiendo del pretratamiento necesario. La desgradación aeróbica produce 0,6–0,8 de agua y 25,1 kJ de energía térmica por gramo de materia orgánica.
BALANCE DE CO ₂	- Durante los procesos biológicos se emiten cantidades considerables de CO ₂ y otros gases (invernadero); sin embargo, al contrario con la incineración y la disposición incontrolada, en la producción de compost grandes cantidades de carbono quedan contenidos en el sustrato y por lo tanto, no llega en el corto plazo a la atmósfera
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	- Ninguno especial
RECURSOS HUMANOS	- La demanda de personal depende de la capacidad de la planta. La demanda, en una empresa promedio en Alemania, es de 10 personas (1 administrador de la planta, 6-8 para operación y mantenimiento, 1 persona para recepción y venta). Cuando hay un sistema de pretratamiento mecánico integrado a la planta, se necesitan más empleados, sobre todo, para realizar clasificación manual.

ESPACIO REQUERIDO	<ul style="list-style-type: none"> - El espacio requerido por plantas de compostaje intensivo está entre 0,2–0,3 m²/t*a. El espacio para un sistema abierto es bastante mayor y depende de la altura, la forma de las pilas y el método de implementación. Por ejemplo, para pilas triangulares con una base de 3 metros de ancho el espacio requerido es de 1,40 m²/m³. Si los trabajos no se realizan con equipos automáticos, el espacio requerido puede ser reducido a 1 m²/m³. Unas pilas trapezoidales de 3 metros de alto y 10m de ancho se necesitan 0,45 m²/m³. Generalmente, el espacio disponible determina el método de compostaje y la forma de las pilas. El área total de operación puede calcularse de la siguiente manera: <ul style="list-style-type: none"> - 5 % zona de entrega y recepción - 10 % almacenamiento del compost final - 10 % Almacenamiento intermedio y otros espacios - 75 % superficie de compostaje (de los cuales un 40% debe mantenerse libre para la ejecución)
CUIDADOS POSTERIORES	<ul style="list-style-type: none"> - Para los productos separados por el tamizado y los lixiviados se necesitan tratamientos posteriores.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	<p>Los costos para el desarrollo de una planta de tratamiento dependen de las condiciones locales, el tamaño de la planta y tecnología utilizada en el proceso. A continuación se presentan valores orientativos para el año 2008:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones: 70–100 EUR/t*a. - Maquinarias: 110–140 EUR /t*a. (Por ejemplo, el costo aproximado de una unidad de volteo: 2000 EUR)
COSTOS DE OPERACIÓN	<p>Costos para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seguros, combustibles, electricidad, etc. - Reparación, mantenimiento <ul style="list-style-type: none"> - Componentes edilicios: aprox. 1 % de la inversión - Maquinarias y equipos eléctricos: aprox. 3–4 % de la inversión - Equipos móviles: 8–15 % de la inversión - Personal (Depende de las condiciones locales) - Compostaje abierto : 35 €/t (www.kompost.de) - Compostaje cerrado : 65 €/t (www.kompost.de)¹⁵
POSIBILIDAD DE GENERAR INGRESOS	<ul style="list-style-type: none"> - A través de la venta de compost
COSTOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Entre 30–70 EUR/t, - El costo del compostaje de residuos domésticos orgánicos (50–70 EUR/t) es mayor que para los residuos verdes (30–50 EUR/t) - A diferencia de otras plantas de tratamiento de residuos, las plantas de compostaje no logran una reducción de los costos específicos aumentando el rendimiento. Esto se debe a que los costos para la construcción e implementación de estos procesos tienen una gran proporcionalidad con el nivel de rendimiento

¹⁵ H&K actualizado 03/10, S. 1–4

OTROS ASPECTOS RELEVANTES													
	Para el compostaje deben tenerse en cuenta los estándares internacionales de compost (como, por ejemplo, indicados por el ECN "European Compost Network" o en Alemania la "Bundesgütegemeinschaft Kompost" (BGK))												
OTROS DETALLES													
INFORMACIÓN DE MERCADO													
APLICACIONES PRINCIPALES	<p>Las plantas de compostaje existen en todo el mundo. En el año 2010 habían 915 plantas de compostaje en Alemania. A continuación se detallan los métodos de compostaje más utilizados.</p> <p>Tabla 5: Métodos de compostaje utilizados en Alemania. (Según: Handbuch Bioabfallbehandlung)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Contenedor / caja</th> <th>Túnel</th> <th>Hileras</th> <th>Pilas triangulares</th> <th>Con membranas</th> <th>Otros</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13 %</td> <td>9 %</td> <td>40 %</td> <td>26 %</td> <td>4 %</td> <td>8 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Algunas plantas en Alemania son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humuswirtschaft Kaditz GmbH, Dresden www.humuswirtschaft.de - Kompostwerk Hellefelder Höhe GmbH, Sundern www.kompostwerk-online.de - Kompostwerk Olpe GmbH, Olpe www.oez-olpe.de 	Contenedor / caja	Túnel	Hileras	Pilas triangulares	Con membranas	Otros	13 %	9 %	40 %	26 %	4 %	8 %
Contenedor / caja	Túnel	Hileras	Pilas triangulares	Con membranas	Otros								
13 %	9 %	40 %	26 %	4 %	8 %								
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	<p>A continuación se presentan algunos productores y constructores de los componentes de plantas o de plantas completas para el compostaje de residuos:</p> <p><u>Técnicas de volteo/Cribas/trituradoras/equipos de aireación:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Komptech Vertriebsgesellschaft Deutschland mbH, Oelde www.komptech.de - BACKHUS GmbH, Wardenburg www.eggersmann-recyclingtechnology.com/backhus - Doppstadt GmbH, Calbe www.doppstadt.com - Jenz GmbH, Petershagen www.jenz.de - Biosal Anlagenbau GmbH, Bad Lausick www.biosal.de - EuRec Technology Sales & Distribution GmbH, Merkers www.eurec-technology.com - J.Willibald GmbH, Wald-Sentehart www.willibald-gmbh.de <p><u>Sistemas completos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Strabag Umwelthanlagen GmbH (ehemals Linde-KCA), Dresden www.strabag-umwelthanlagen.com - Komptech Vertriebsgesellschaft Deutschland mbH, Oelde www.komptech.de 												
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA													
<p>Pueden encontrarse más información sobre la producción de compost de residuos de buena calidad y sus usos en las siguientes organizaciones competentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. www.kompost.de - Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfälle www.ans-ev.de - Verbände der Humus- und Erdenwirtschaft www.vhe.de - European Compost Network ECN www.compostnetwork.info 													

DIGESTIÓN ANAERÓBICA

FUNCIÓN, OBJETIVO:

- Tratamiento de residuos orgánicos, lodos de depuradoras y aguas residuales con altos niveles de DQO
- Reducción de los componentes biodegradables y la reactividad de los materiales mencionados
- Producción de energía a partir de los residuos

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Residuos orgánicos	X
Papel / cartón		Residuos domésticos mezclados	X ¹⁶	Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Madera		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos	X	Recolección diferenciada de residuos, por ejemplo, residuos de cocina, de alimentos, de separación grasas, estiércol, de mataderos y animales, agroindustriales, desechos de mercados			
Otros residuos	X	Lodos de aguas residuales, lodos biológicos generados en procesos aeróbicos previos, materia orgánica			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Los residuos a tratar deben ser recolectados de manera separada. Tal vez sea necesario realizar una trituración para obtener materiales del tamaño adecuado para el tratamiento. Para algunos residuos específicos (Por ej. Residuos de mataderos) es necesario realizar un saneamiento previo para eliminar agentes patógenos y otros.

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

Los residuos de la fermentación deben ser secados. Si estos residuos son originados en un proceso de digestión donde los residuos tratados fueron solo materiales biodegradables, entonces pueden ser utilizados como compost aplicandoles métodos de compostajes. Una aplicación directa en las tierras cultivables es posible cuando se cumplen ciertos requisitos, en muchos países esto está permitido. Los residuos secos de la fermentación son utilizados, muchas veces, para la producción de energía.

Opciones para la disposición o almacenamiento de los productos o residuos generados:

Otros residuos de la digestión como hojas separadas durante el cribado tienen que tratarse con otros procesos (Por ej. térmico).

Seguimiento/cuidados posteriores:

La fracción líquida de los residuos de la fermentación contiene muchas sustancias disueltas y concentraciones de ciertas partículas que hacen que sea necesario un tratamiento posterior. Por ejemplo, se pueden derivar estos líquidos a plantas de tratamiento de aguas residuales.

Medidas de protección necesarias

El aire generado durante el proceso (Especialmente en el área de recepción y de procesamiento mecánico) debe ser recolectado y tratado, además deben tomarse medidas técnicas y medidas en la organización para evitar o minimizar las emisiones.

Riesgos potenciales a la salud:

En el área de recepción y de tratamiento mecánico hay mayor riesgos de contaminación del aire con gérmenes y esporas. Medidas de seguridad técnicas y personales (Máscaras) Son altamente recomendadas.

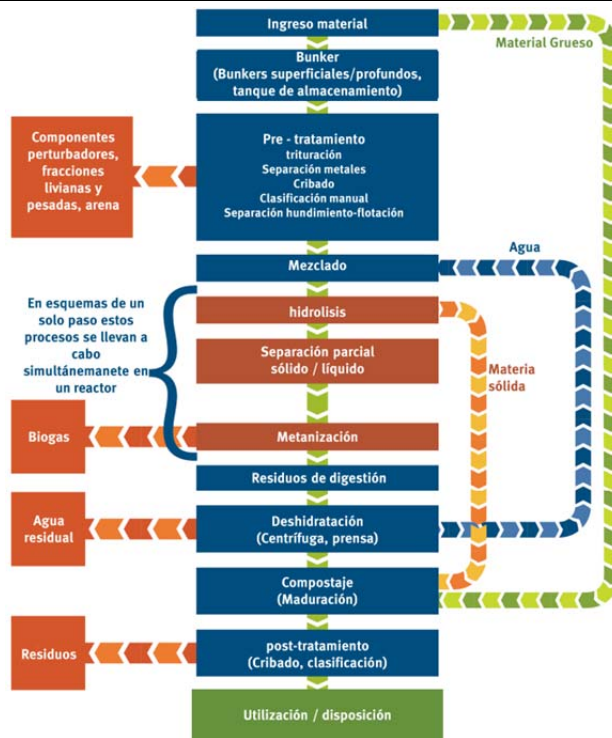
¹⁶ En especial para las fracciones ricas en materiales orgánicos.

Mecanismos de financiamiento	
El sistema puede financiarse por medio de tasas incorporadas a los servicios de entrega de residuos o en los sistemas de recolección específicos (Contenedores de residuos orgánicos). Otra alternativa es incorporar los costos en los servicios de recolección de residuos generales o en otros mecanismos de financiación a tanto alzado. Los ingresos generados a partir de la venta de la energía generada pueden constituir una fuente de ingresos, a no ser que se utilice la energía generada en el mismo proceso, reduciendo así los costos de operación de la planta.	
LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA APLICACIÓN	
Infraestructura: Estas plantas de tratamiento deben ubicarse en lugares accesibles con conexión a la red de energía eléctrica y preferentemente cerca de los puntos de generación de los residuos tratados. Debería mantenerse cierta distancia de zonas residenciales aunque estas pueden ser menores, en comparación con otras plantas de tratamiento de residuos orgánicos.	
Condiciones climáticas: Sin restricciones pero los digestores deben ser aislados y calentados en climas fríos (especialmente cuando se aplican procesos termófilos). <u>No se recomienda</u> aplicar este proceso en lugares donde hay escasez de agua.	
DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	La digestión anaeróbica implica la descomposición gradual de los residuos orgánicos, en ausencia (relativa) de oxígeno, en metano, dióxido de carbono y agua. Los objetivos principales es reducir la actividad biológica, la masa y la reactividad de los residuos tratados y la obtención de biogás que puede ser utilizado como fuente de energía.
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Composición balanceada de nutrientes de los residuos para una producción óptima de metano. - Alto contenido de humedad. - Ausencia de componentes que puedan afectar el proceso.
RESULTADOS A OBTENER	<ul style="list-style-type: none"> - biogás para ser utilizado como combustible o para la producción de energía <p><u>En el caso de la digestión de residuos orgánicos recolectados separadamente</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos semisólidos (50-300 kg de sustancias seca/ ton. de material ingresado) que necesitan tratamientos posteriores, normalmente compostaje para producir un producto comercializable para utilizar en la agricultura y paisajismo <p><u>En el caso de la digestión de residuos mezclados ricos en materia orgánica o de lodos residuales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Se obtiene una cantidad de material muy reducida con respecto al material ingresado con una actividad biológica significativamente reducida. Estos materiales pueden ser tratados en compostajes y luego, dispuestos en vertederos. <p><u>En el caso del tratamiento anaeróbico de aguas residuales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pequeñas cantidades de lodos (100–600l /ton de ingreso) que pueden ser utilizados como fertilizantes líquidos o pueden ser enviada a una planta de tratamiento de aguas residuales.
VENTAJAS PARTICULARES	<ul style="list-style-type: none"> - Pueden tratarse tanto residuos orgánicos secos como húmedos. - El biogás obtenido puede utilizarse para la producción de energía eléctrica y calor y por lo tanto, permiten generar un ingreso o cubrir la demanda de energía del mismo proceso. - El substrato fermentado puede utilizarse, hasta cierto punto, en estado húmedo o seco - Las instalaciones requieren relativamente poco espacio. - Se reducen las cantidades de residuos que deben ser tratados en plantas incineradoras y/o vertederos sanitarios y por lo tanto, se reducen las emisiones/impactos que estos producen en el medio ambiente.

<p>DESVENTAJAS PARTICULARES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La tecnología es relativamente compleja, los costos para la construcción y operación pueden variar fuertemente y ser altos dependiendo del modelo de planta empleado. - Se puede producir una demanda adicional de agua. - La incapacidad del proceso para degradar las ligninas y las celulosas presenta una gran limitación a la eficiencia de este proceso, especialmente cuando se tratan biomásas leñosas. - El proceso es muy susceptible a interferencias por lo que se necesitan procesos de control estrictos lo cual exige que el personal este capacitado para saber los ajustes e intervenciones que hay que realizar, rápidamente y cuando sean necesarios, para que el proceso no colapse. - Esta tecnología es relativamente nueva y costosa, de modo que, a pesar de los posibles ingresos debido a la producción de energía y fertilizantes, los costos no están balanceados. - Los tratamientos posteriores, el almacenamiento y la utilización de los residuos de este proceso pueden ser fuentes de emisiones importantes de metano, amoníaco y olores, por lo tanto, significan molestias y amenazas para el medio ambiente
<p>DETALLES DE APLICACIÓN</p>	
<p>DESCRIPCIÓN TÉCNICA</p>	<p>Las principales variables a considerar son los métodos para que los residuos entren en contacto con los microbios, la composición y humedad de los residuos a tratar y el método y grado de agitación. La digestión anaeróbica involucra las siguientes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pretratamiento: En general, los residuos orgánicos separados en el punto de origen hacen que su manejo sea mucho más sencillo que para los residuos mezclados con alto contenido orgánico. Sin embargo, los residuos separados en el origen también requieren una separación posterior para eliminar impurezas, como plásticos, metales y componentes de gran tamaño. La separación puede realizarse en condiciones húmedas o secas. En este sentido, se puede realizar una reducción de tamaño para homogeneizar el material, lo cual favorece la fermentación y facilita el proceso. Para la separación y la reducción de tamaño, se pueden utilizarse las técnicas y las instalaciones que se utilizan en procesos biomecánicos. (Ver hoja informativa “Tratamiento biomecánico”) - Digestión Existen diferentes técnicas para llevar a cabo la digestión. Se diferencian por la temperatura en la que operan y el porcentaje de materia seca en el material tratado. <ul style="list-style-type: none"> - Las plantas termófilas operan a alrededor de 55°C (50–65°C), - Plantas mesófilas que operan a alrededor de 35°C (20–45°C) - Sistemas secos que trabajan con 20–40 % de materia seca - Sistemas húmedos que trabajan con 5–20 % de materia seca <p>En general, mientras más alta es la temperatura, más rápido es el proceso, pero los procesos termófilos son más difíciles de controlar y tienen una mayor demanda de biogás para el calentamiento para mantenerlos a la temperatura adecuada. Los sistemas secos suelen ser de una sola etapa. Las plantas que operan con una sola etapa no son tan susceptibles a interferencias como las de múltiples etapas, pero la producción de biogás es menor. La siguiente figura muestra un esquema general aplicable a sistemas de uno o varias etapas y para procesos secos o húmedos.</p>

DESCRIPCIÓN
TÉCNICA -
CONTINUACIÓN

Figura 14: Esquema del procesos para digestiones de una o varias etapas.



A continuación se presentan las especificaciones técnicas para distintas configuraciones del proceso.

- Sistema húmedo de una sola etapa

Los residuos sólidos son remojados con agua del proceso para proveer un material diluido (con un contenido de materia seca del 15%) a un tanque digester y mezclador. El proceso puede aplicarse a residuos sólido urbanos pero se aplica mejor a materiales diluidos, tales como estiércol de animales o residuos orgánicos industriales. El alto contenido de agua en la solución preparada permite que los metales pesados precipiten y los materiales livianos floten.

Los residuos suspendidos sin los materiales pesados o livianos son colocados en un fermentador de una sola etapa (37°–40°C; condiciones mesófilas). El tiempo de residencia es de 15 a 20 días. Se genera biogás (65% CH₄). Los residuos fermentados son descargados, saneados a 70°C y secados hasta tener un 50% de materia seca. El agua obtenida se reutiliza en el proceso.

- Sistema húmedo con múltiples etapas

Los residuos sólidos son remojados y fermentados por bacterias hidrolíticas y fermentativas para liberar los ácidos grasos volátiles que son, luego, convertidos en biogás en un digester de alto rendimiento de aguas residuales. Básicamente, las etapas de hidrólisis y de metanización se realizan consecutivamente en dos reactores diferentes. El sistema es aplicable a residuos sólidos urbanos y a residuos orgánicos húmedos del procesamiento de alimentos.

Los sistemas con múltiples etapas son más susceptibles a interferencias en comparación con los sistemas de una sola etapa, pero la producción de biogás es mayor.

La siguiente figura muestra una posible configuración de un sistema de digestión húmedo de múltiples etapas.

Figura 15: Esquema de un sistema de digestión húmedo con múltiples etapas (según Linde-KCA)

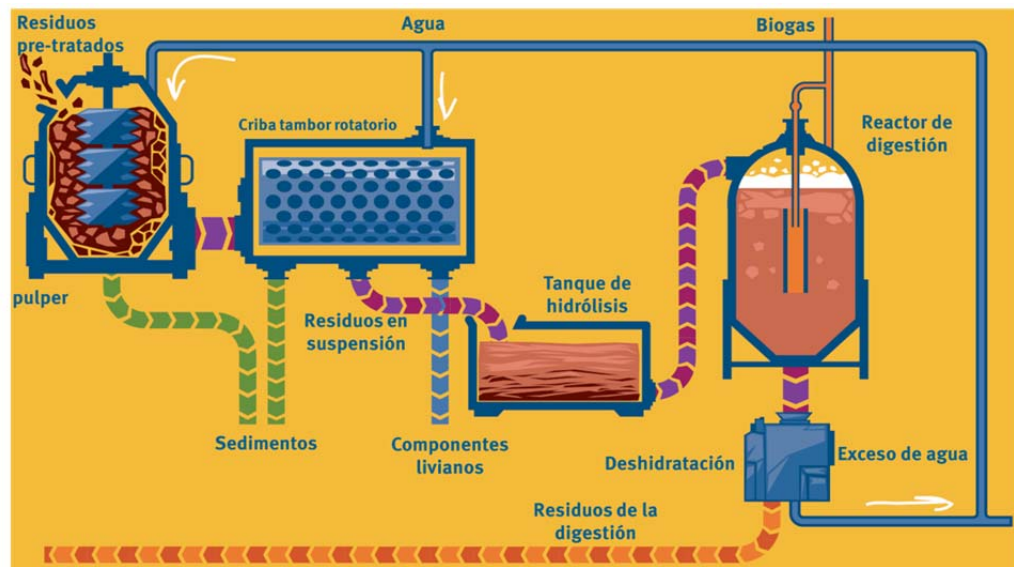


Figura 16: Imágenes de componentes de plantas con sistemas de digestión de residuos húmedos (Izquierda: reactores, derecha: sección de pretratamiento, Fuente de imágenes: Tim Hermann; Intecus)



- Procesos secos

No siempre es necesario, pero es común el caso en el que los materiales a tratar son mezclados con agua obtenida del proceso o lodos para alcanzar un nivel de materia seca del 30 %-35 % antes de la digestión. La fermentación se realiza en un reactor a 37°-40° C (condiciones mesófilas) o a 55°-65° (condiciones termófilas). Los materiales que puedan afectar al proceso deben extraerse antes de ingresar el material al reactor. Luego del tratamiento anaeróbico puede realizarse otra separación de impurezas. El tiempo de residencia en los reactores es de 12 a 20 días. El material resultante de la digestión es descargado y secado hasta lograr un nivel de materia seca del 50%. El agua drenada se reutiliza en el proceso. La materia sólida puede utilizarse en compostajes y ser curada en condiciones aeróbicas por unos meses.

- Proceso seco continuo

El reactor es continuamente alimentado con material triturado y homogeneizado (20-40% materia seca). Agua del proceso es rociada sobre el material para inocularlo. En ambas, en variantes mixtas o en las de flujo continuo, el equilibrio térmico favorece la digestión.

- Proceso seco discontinuo (lotes)

Un lote de material a tratar es inoculado con material proveniente de otra digestión y reposado para que ocurra la digestión naturalmente. Los lixiviados son recirculados para mantener el contenido de humedad y redistribuir las bacterias metanógenas

	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Proceso seco semicontinuo</u> Este es , esencialmente, una variante del proceso seco con lotes, donde los lixiviados son intercambiados entre los lotes ya establecidos y los nuevos lotes para facilitar el comienzo, la inoculación y la remoción de materiales volátiles de los reactores activos. Una vez que la digestión es estable, el digestor se desacopla del lote establecido y se coloca a otro lote en otro contenedor.
FLUJO DE MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso anaeróbico permite la producción de metano, con una producción teórica de 348 Nm³/t de DQO. La digestión anaeróbica produce en general 80-140 Nm³/t de biogás por tonelada de RSU procesado. - La generación de biogás es muy susceptible al material tratado. La composición típica es: <ul style="list-style-type: none"> 50–75 Vol.-% Metano, 25–45 Vol.-% Dióxido de carbono 2–7 Vol.-% Agua 20–20.000 ppm sulfuro de hidrógeno. < 2 Vol.-% nitrógeno < 2 Vol.-% oxígeno < 2 Vol.-% hidrógeno - El balance de la masa (en plantas alemanas) es ¹⁷: <ul style="list-style-type: none"> - <u>Ingreso</u>: 100% residuos orgánicos que comprenden <ul style="list-style-type: none"> -65% agua, -23 % Materia orgánica seca, -12 % Materia inorgánica seca - <u>Salida</u>: 5 % Residuos de pretratamiento (arenas, piedras, hojas, etc) <ul style="list-style-type: none"> -11 % biogás -29 % Agua -55 % Materiales sólidos
ALCANCE	<ul style="list-style-type: none"> - La mayoría de las plantas tienen una capacidad para tratar entre 500 y 80,000 Ton. de residuos por año
INTEROPERABILITY	<p>En la práctica es común encontrar los siguientes arreglos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La digestión anaeróbica consiste en la etapa biológica en un tratamiento biomecánico de residuos. (Ver hoja informativa: “<u>Tratamiento biomecánico</u>”) - La digestión anaeróbica se realiza en conjunto con un compostaje subsiguiente para el tratamiento de los residuos de la digestión. Los residuos de la digestión pueden clasificarse en sólidos o líquidos, donde los residuos líquidos que cumplan ciertas características pueden utilizarse directamente como fertilizantes líquidos mientras que la fracción sólida puede ser procesada en compostajes (Ver hoja informativa: “Compostaje”) - La digestión anaeróbica se instala junto a una planta de tratamiento de aguas residuales o puede ser una parte integrada en el sistema de tratamiento de aguas residuales
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	<p>Parte de la electricidad y el calor requerido para calentar los reactores y los edificios son obtenidos del mismo proceso, donde el biogás generado es utilizado en plantas de cogeneración. La energía y calor necesarios van desde un 5% a un 60% de la producción de energía de la planta, dependiendo de varios factores como la tecnología empleada. La siguiente tabla muestra valores representativos de la demanda y la producción de energía por tonelada de material tratado en distintos procesos de digestión anaeróbica</p>

¹⁷ Rosenwinkel, Kroiss, Dichtl, Seyfried, Weiland (editors): Anaerobtechnik – Abwasser-, Schlamm- und Reststoffbehandlung, Biogasgewinnung (3rd ed.), Springer Verlag, 2015, p. 726

Tabla 6: Comparación de la producción y la demanda de energía en las principales procesos de digestión anaeróbica en relación a la cantidad de material tratado (Fuente: Informe final de una investigación financiada, proyecto nº 03KB022: Steigerung der Energieeffizienz in der Verwertung biogener Reststoffe)

Variante del proceso			Producción de energía (kWh/Mg)	Demanda de energía (kWh/Mg)
Húmedo	1 etapa	Mesófilo	235	71
		Termófilo	310	71
	Múltiples etapas	Mesófilo	274	71
		Termófilo	Ningún resultado	Ningún resultado
Seco	Continuo	Mesófilo	241	48
		Termófilo	271	48
	Discontinuo	Mesófilo	186	23
		Termófilo	194	23

BALANCE DE CO₂

El proceso en si es cerrado por lo que casi no tendrían que existir emisiones, excepto durante la transferencia a y desde los digestores. Sin embargo, las investigaciones han demostrado que ocurren fugas de metano (a través de fisuras microscópicas y perdidas en los componentes técnicos) en un rango que va hasta un 5% del metano total producido.

Los efectos positivos para el cambio climático de los digestores anaeróbicos son:

- Se evita la emisión de metano desde vertederos de residuos orgánicos sin tratar
- Reducción de las emisiones y menor demanda de combustibles fósiles por la sustitución de la energía

ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS

- Agua: 50–200l/t de residuos
- Materiales adicionales:
 - Floculantes como soluciones de cloruro de hierro o de naturaleza polimérica aniónica
 - Productos anti espumantes ,
 - agentes reguladores de pH.

RECURSOS HUMANOS

- Para gestionar y realizar las actividades de control en una planta de digestión anaeróbica se necesita personal especialmente capacitado

ESPACIO REQUERIDOS

Tabla 7: Area necesaria sin incluir áreas para el compostaje de los residuos de la digestión (Fuente: UBA Texte 43/2010: Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz)

Tamaño de la planta	20.000 t/a	40.000 t/a	Pro t/a
Proceso húmedo	4500–5000 m ²	6000–8000 m ²	0,15–0,25 m ²
Proceso seco continuo	4000–5500 m ²	5000–6000 m ²	0,125–0,275 m ²
Proceso seco discontinuo	2500–3000 m ²	5000 m ²	0,125–0,2 m ²

CUIDADOS POSTERIORES

- Los residuos del cribado y de la digestión pueden ser utilizados en compostajes o deben ser debidamente dispuestos en vertederos adecuados.

PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS

INVERSIÓN

Tabla 8: Inversiones necesarias (Fuente: UBA Texte 43/2010: Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz)

	Fermentación seca discontinua	Fermentación seca continua	Fermentación húmeda	Fermentación semicontinua
Inversión para 20.000 t residuos /a	150–310 EUR/t	250–480 EUR/t	260–490 EUR/t	40–100 EUR/t

- Al reducir la cantidad de residuos tratados los costos específicos aumentan debido a que existen costos fijos considerables.

COSTOS DE OPERACIÓN	Tabla 9: Costos de operación (Fuente: UBA Texte 43/2010: <u>Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz</u>)									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fermentación seca discontinua</th> <th>Fermentación seca continua</th> <th>Fermentación húmeda</th> <th>Fermentación semicontinua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Costos de operación 20.000 t residuos /a</td> <td>15–30 EUR/t</td> <td>18–38 EUR/t</td> <td>20–50 EUR/t</td> <td>5–15 EUR/t</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - Con la reducción de las cantidades de residuos tratadas, los costos específicos aumentan porque existen costos fijos. - Reparación y mantenimiento: 4-6% de la inversión por año 		Fermentación seca discontinua	Fermentación seca continua	Fermentación húmeda	Fermentación semicontinua	Costos de operación 20.000 t residuos /a	15–30 EUR/t	18–38 EUR/t	20–50 EUR/t
	Fermentación seca discontinua	Fermentación seca continua	Fermentación húmeda	Fermentación semicontinua						
Costos de operación 20.000 t residuos /a	15–30 EUR/t	18–38 EUR/t	20–50 EUR/t	5–15 EUR/t						
POSIBILIDADES DE INGRESOS	<ul style="list-style-type: none"> - Los ingresos por energía producida por tonelada de residuos es de 20–30 EUR/t de residuos orgánicos. Los costos generales de operación de la planta deberían poder ser cubiertos, al menos en parte, con los ingresos generados por la venta de energía y compost. En situaciones favorables pueden incluso generarse saldos positivos. 									
COSTOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Sin especificar 									
OTROS ASPECTOS RELEVANTES										
	<p>La co-fermentación de residuos orgánicos en las torres de digestión anaeróbica de las plantas de tratamiento de aguas residuales es una alternativa que raramente se ha puesto en práctica debido a que existen algunas incertidumbres, sobre todo legales. Es, sin embargo, por razones económicas y logísticas, una opción interesante y posible técnicamente.</p>									
OTROS DETALLES										
INFORMACIÓN DE MERCADO										
APLICACIONES PRINCIPALES <i>(Nota: La siguiente lista no es una lista completa)</i>	<p>Esta técnica es utilizada en todo el mundo. Además de las plantas para la digestión de materia agrícola, existen muchas plantas para la digestión de residuos orgánicos en Alemania. Su número aumenta continuamente. Algunas plantas de referencia son</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planta de producción de biogás: Bioverwertungsgesellschaft Radeberg mbH www.bvr-radeberg.de - Planta de producción biogás y compost: Bützberg der Stadtreinigung Hamburg www.stadtreinigung.hamburg/kompostwerk - Planta de producción de biogás: Nabtaler Milchwerke en Schwarzenfeld - Planta de producción de biogás: Stadtreinigung Berlin (bsr): https://www.bsr.de/biogasanlage-22250.php - Planta de producción de biogás y compost: Gütersloh und Saerbeck 									
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	<p>A continuación, se presentan algunas empresas productoras/proveedoras de tecnologías para la digestión anaeróbica de residuos orgánicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strabag Umweltanlagen GmbH, Dresden www.strabag-umweltanlagen.com - HAASE Energietechnik AG, Neumünster www.haase-energietechnik.de - Schmack Biogas AG, Schwandorf www.schmack-biogas.com - FARMATIC Anlagenbau GmbH, Nortorf www.farmatic.de - Biotechnische Abfallverwertung GmbH & Co KG, München www.bta-technologie.de - BEKON Energy, Unterföhring www.bekon-energy.de 									

DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA

Algunas organizaciones relevantes y fuentes para obtener más información sobre la digestión anaeróbica de residuos orgánicos son:

Fachverband Biogas e.V.

www.biogas.org

Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfälle

www.ans-ev.de

Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung (ASA) e.V.

www.asa-ev.de

TRATAMIENTO MECÁNICO-BIOLÓGICO / ESTABILIZACIÓN

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN

El tratamiento mecánico-biológico (TMB) se aplica para residuos mixtos con porcentaje importante de orgánicos / carbono, a fin de lograr las siguientes metas:

- la estabilización y reducción de potenciales de riesgo junto con una reducción importante de masa y volumen gracias a la biodegradación (con ello disminución del porcentaje de los residuos bioactivos a verter), y al mismo tiempo
- la generación de distintos flujos de materiales, recuperación de materiales reciclables y mejoramiento de las propiedades de los residuos para los procesos de tratamiento posteriores

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Residuos de alimentos, jardines	
Papel//cartón/cartulina		Residuos domésticos mixtos	X	Residuos voluminosos	
Bombillas		Residuos textiles		Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera	X ¹⁸	Residuos de construcción y demolición	
Aceites usados		Residuos de pinturas y barnices		Neumáticos	
Residuos peligrosos					
Residuos específicos de producción y sectoriales	X	sin componentes peligrosos y en la medida en que contengan componentes biodegradables			
Otros tipos de residuos	X	todos los materiales biodegradables sin componentes peligrosos			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUERIMIENTOS PARA LA APLICACIÓN:

Necesidad de un tratamiento previo: ninguno

Posibilidades de valorización del material obtenido:

Los metales ferrosos / no ferrosos se devuelven a la producción de metales, las fracciones de alta potencia calorífica (EBS – combustibles derivados de residuos – CDR) se pueden aprovechar desde el punto de vista energético (véase también „Co-incineración industrial“). En la medida en que prescripciones legales lo permitan, los restos de la descomposición pueden ser empleados para cubrir los vertederos y para medidas de saneamiento del lugar, tras haber sido sometidos a un tratamiento adecuado, tales como cribado adicional o una mayor estabilización.

Posibilidades de eliminación y almacenamiento del material obtenido:

La fracción fina tratada mediante proceso biológico puede ser almacenada o ser sometida a otro tratamiento térmico.

Necesidad de medidas posteriores:

Para las emisiones generadas (aire de escape, aguas residuales) será necesario adoptar medidas de reducción y de tratamiento posterior. También el depósito de residuos tratados mecánica-biológicamente requiere de medidas de mantenimiento en el vertedero.

Requerimientos de protección especiales:

El aire de escape de las plantas de tratamiento mecánico-biológico y las aguas residuales generadas deben ser recogidos y descontaminados. Al mismo tiempo es necesario tomar precauciones técnicas y organizativas con el objeto de prevenir y reducir las molestias por el olor. Dado a la autoinflamabilidad de los residuos, las medidas cautelares en relación con la protección de incendios cobran importancia especial.

¹⁸ solo en cantidades pequeñas, por ej. restos sin componentes peligrosos de la clasificación; básicamente, es más apropiado un aprovechamiento o uso en plantas de generación de energía especiales

Riesgos potenciales para la salud:

En las fases de tratamiento abierto del proceso mecánico-biológico existe el riesgo de contaminar el aire con gérmenes y hongos. Este peligro puede ser precavido mediante medidas de protección individuales (semi-máscaras) y técnicas apropiadas.

EFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD:

Infraestructura

Básicamente, las plantas TMB pueden ser construidas en todas partes; sin embargo, se recomienda escoger el lugar de emplazamiento preferentemente en las cercanías del lugar, en el cual se generan los residuos correspondientes, o elegir lugares cerca del vertedero y que disponen de una conexión a vías de comunicación y transporte. Es conveniente además mantener una distancia con respecto a la zona residencial más próxima, tal como lo es en la mayoría de los casos de las plantas de tratamiento para residuos orgánicos, a fin de evitar molestias por el olor u organismos nocivos.

Condiciones climáticas:

Básicamente, las plantas TMB pueden ser gestionadas sin perjuicio de las condiciones climáticas dadas, no obstante, este factor debe ser considerado a la hora de elaborar el diseño técnico. Condiciones extremas en lo que respecta a la temperatura y la humedad del aire pueden limitar la aplicación de procedimientos de descomposición abiertos en la fase biológica del tratamiento. Si las temperaturas son extremas, es necesario aislar los digestores y, en caso necesario, equiparlos con un sistema de calefacción.

Potenciales en relación con la ocupación:

Las plantas TMB abren posibilidades de ocupación tanto para mano de obra no cualificada, como también para personal de cualificación superior.

DETALLES TÉCNICOS

SINOPSIS GENERAL

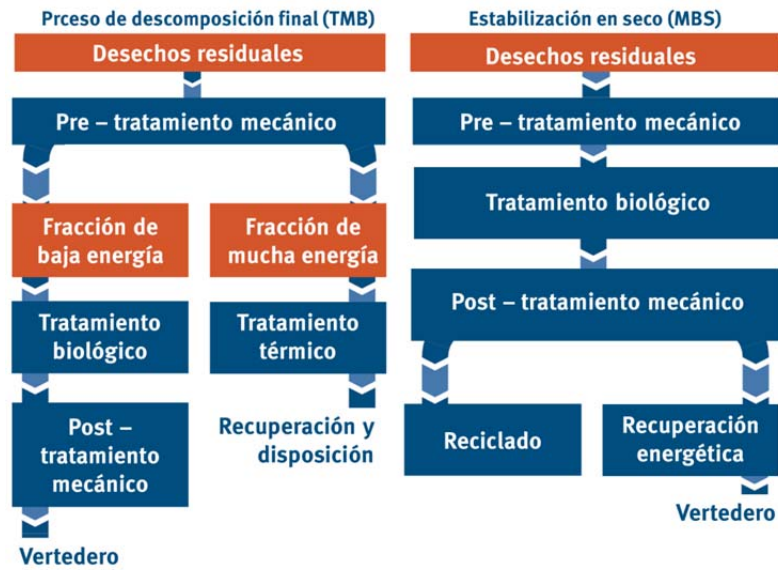
DESCRIPCIÓN
ABREVIADA

Con el tratamiento mecánico-biológico, los desechos residuales mixtos se modifican mediante una combinación de procesos mecánicos y biológicos de tal forma, que se reduce su potencial de reacción y riesgo, pudiendo de este modo ser vertidos en forma segura. Otra meta de esta combinación de procesos consiste en reducir el volumen de los residuos y obtener una valorización, generando materiales reutilizables, así como, en algunos casos, energía.

Existe una gran cantidad de posibles configuraciones de procesos, pero siempre como combinación de procesos mecánicos con un tratamiento biológico como procedimiento principal. Algunas combinaciones de procedimientos han sido reunidas en una unidad integral, incluyendo el control de las emisiones y de los olores dentro de un sistema cerrado. El tratamiento mecánico-biológico ofrece alta flexibilidad en lo que respecta a su configuración, de modo que es más fácil adaptarlo a composiciones variables de residuos o aplicarlo en forma eficiente también en caso de presentarse variaciones. Se trata de una forma de tratamiento que no exige requerimientos adicionales a la recolección de los residuos, es decir, es apropiado también para residuos domésticos sin selección previa.

Los conceptos principales del tratamiento mecánico-biológico se diferencian en el orden de los pasos de procesos y en la meta del tratamiento biológico. Para ello existen dos posibles formas de proceder: o los residuos se dividen mecánicamente en una fracción energética, destinada al aprovechamiento térmico, y en una fracción pobre en energía, destinada al tratamiento biológico ("procedimiento de descomposición final"), o se procede a una estabilización biológica de los residuos en su conjunto, sometiéndolos posteriormente a procesos mecánicos (estabilización en seco).

Figura17: Representación simplificada de conceptos básicos de tratamiento (según Nelles, Morascheck, Grünes)



En el “procedimiento de descomposición final”, solo una determinada parte se somete al tratamiento biológico. La digestión anaeróbica, el compostaje o componentes de estas dos tecnologías se aplican en el proceso biológico principal (*procedimiento TMB; tratamiento mecánico- biológico de residuos*). Si se emplea la digestión anaeróbica, normalmente el proceso se concibe para optimizar la producción de biogás. Si una fase aeróbica constituye la tecnología principal dentro del tratamiento biológico, los residuos mixtos son convertidos en material estable durante el proceso de descomposición a fin de su disposición.

En el caso de la estabilización en seco (*procedimiento EMB; estabilización mecánica-biológica o TBM – tratamiento biológico-mecánico*), los residuos en su conjunto se secan con ayuda del calor generado en la fase de tratamiento biológico. A continuación, el material estabilizado en esta forma se separa en materiales aprovechables, en su caso, en combustible secundario y en material para la disposición. El objetivo principal consiste en la generación de combustible secundario para el aprovechamiento energético.

REQUISITOS BÁSICOS

- Residuos sólidos ricos en orgánicos y carbono sin componentes peligrosos como input
- La existencia de determinados estándares en relación con el control y el tratamiento de emisiones y otras medidas de protección (en lo posible recogidos en un reglamento)
- Abastecimiento de energía

RESULTADOS ESPERADOS

Output:

- Fracción gruesa de alto poder calorífico (TMB) y material estabilizado combustible (EMB/TBM)
- Material de descomposición estabilizado (TMB) para disposición
- Materiales reutilizables (principalmente metales)
- Materias residuales e impropios
- Polvo, aguas residuales y aire de escape

Requerimientos a la calidad del output:

- Los residuos tratados con procesos mecánicos-biológicos deben contener poca humedad y su actividad respiratoria debe ser baja (requisitos estipulados por el reglamento de vertederos $AT4 < 5 \text{ mg/kg MS}$) para poder depositarlos en vertederos.
- Las aguas residuales generadas en la digestión anaeróbica deben ser tratadas en la forma adecuada para satisfacer los requerimientos a cumplir para poder verterlas a aguas continentales superficiales.

VENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción del volumen y del potencial de reacción de los residuos previstos para la deposición, y con ello reducción del espacio requerido en el vertedero, así como de las emisiones de gas, menos agua de infiltración y menos olores en los vertederos. - Combinación de tratamiento específico al material y generación de distintas fracciones de material para un aprovechamiento posterior. - Posibilidad de generar energía (utilización del biogás proveniente del proceso biológico y/o del combustible secundario generado). - La realización es posible en forma sencilla y no requiere de mucho capital.
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	<ul style="list-style-type: none"> - La mineralización incompleta de los residuos requiere de otros tratamientos o medidas posteriores en el vertedero. - El poder energético de los residuos no se aprovecha en forma completa.
DETALLES DE LA APLICACIÓN	
TRANSPOSICIÓN TÉCNICA	<p>El componente principal del tratamiento mecánico-biológico de residuos es el proceso biológico, mediante el cual, sin embargo, solo se pueden tratar fracciones biodegradables. Por esta razón, dependiendo de la forma posterior de eliminación y de la calidad de material requerida para ello, se necesitan procesos mecánicos de distinta intensidad y distintos resultados. Estos procesos mecánicos pueden tener lugar antes del tratamiento biológico y en los cuales las materias aprovechables, no degradables, se separan de la fracción tratable biológicamente (TMB), o se realizan después del proceso biológico y contribuyen a generar flujos de materiales reciclables y aprovechables como combustible (EMB).</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Tratamiento mecánico</u> <p>Consiste normalmente en diferentes procesos mecánicos destinados a modificar las propiedades físicas y técnicas de combustión del input de desechos y su composición de tal forma, que se facilitan los procesos subsiguientes y las posibilidades de aprovechamiento. El equipamiento técnico mínimo requerido para un tratamiento eficiente abarca las siguientes instalaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones para almacenamiento y dispositivos alimentadores - Separación de impropios y materias extrañas - Pretrituración <p>En todos aquellos casos, en los cuales el tratamiento mecánico tiene lugar antes de la fase biológica, es decir, en el procedimiento TMB, se procede de la siguiente forma:</p> <p><u>1) Almacenamiento y alimentación</u></p> <p>Los residuos suministrados se almacenan en silos horizontales o depósitos soterrados. En el silo horizontal, los impropios voluminosos pueden ser retirados a grosso modo con ayuda de cargadoras sobre ruedas o dispositivos cogedores especiales. Independientemente de ello, los residuos suministrados pueden ser controlados aquí sin mayores problemas. Esto permite también excluir suministros problemáticos del tratamiento. Además, un almacenamiento separado de fracciones diferentes (por ej. residuos industriales secos, desechos voluminosos, residuos domésticos húmedos) es más fácil de realizar en silos horizontales; son además más baratos que los depósitos soterrados, pero requieren de mayor superficie.</p> <p>En el depósito soterrado es más fácil mezclar los residuos suministrados. Pero, por otro lado, la separación de impropios se hace relativamente difícil. Los depósitos soterrados se apropian especialmente para almacenar residuos domésticos húmedos. El silo horizontal constituye la mejor opción para residuos secos. Por esta razón, los silos horizontales son por lo general la solución preferencial para el tratamiento mecánico-biológico de residuos.</p>

CONTINUACIÓN
TRANSPOSICIÓN
TÉCNICA2) Separación de materias extrañas e impropios

Si se utilizan silos horizontales, los materiales voluminosos que estorban puede ser separados fácilmente con dispositivos cogedores especiales (excavadoras de cuchara) o cargadoras sobre ruedas. Otros impropios (tales como acumuladores, láminas de plástico grandes) se retiran, por lo general, en el dispositivo de transporte o en la cinta continua. Si se trata de desechos voluminosos e industriales, la selección se realiza también en cabinas ventiladas. Dado a los riesgos potenciales para la salud, esta forma de proceder no es apropiada para residuos domésticos húmedos. En este caso se requiere una separación mecánica (por ej. con excavadora de cuchara).

3) Trituración

Aparte de producir una mezcla homogénea de los residuos, en esta fase se aumenta la superficie de reacción y los materiales todavía envasados se hacen disponibles para las siguientes fases del proceso. Dado que la trituración previa es la fase que requiere de la mayor energía dentro del tratamiento mecánico, este proceso se aplica solo en algunos casos. No obstante, los desechos voluminosos y los industriales deben ser siempre triturados previamente.

Para la trituración previa (hasta un tamaño entre 250 a 500 mm) se emplean dispositivos cortadores (por ej. cizallas rotativas), desmenuzadoras y machacadores. La trituración principal (100 a 250 mm) se realiza con cizallas rotativas, desmenuzadoras y pulverizadores de cascada. Las trituraciones finas se llevan a cabo con picadoras o molinos de mazo.

Asimismo, el pretratamiento mecánico puede incluir las siguientes fases:

4.1) Separación de metales ferrosos

Las piezas metálicas grandes se separan ya en el almacén, mientras que las piezas pequeñas pueden quedar en los desechos. Las piezas ferromagnéticas pequeñas pueden ser separadas del flujo de materiales con ayuda de imanes extractores colocados por encima de la cinta que transporta el material repartido en la forma adecuada sobre ella. Dado que los metales ferrosos pueden ser separados fácilmente para su reutilización, su separación es uno de los componentes más frecuentes del TMB.

4.2) Separación de metales no ferrosos

También existe la posibilidad de separar los metales no ferrosos, sobre todo en un flujo de materiales < 80 mm. Con metales no ferrosos reutilizables se pueden obtener elevados ingresos.

5.1) Separación de granos mayores de lo normal mediante cribado

Si los desechos contienen porcentajes importantes de materia plástica y madera, la separación se efectúa a menudo junto con papel / cartón en un tambor cribador. Con el cribado a un tamaño de grano de 100 hasta 150 mm se obtiene como residuo en la criba una fracción de alto poder calorífico (papel / cartón, plásticos, madera). En el material de salida de la criba se concentran materias biodegradables. El tambor cribador no se utiliza para desechos voluminosos. Si el material de salida de la criba se utiliza para producir combustible secundario, éste debe ser a continuación triturado y, dado el caso, acondicionado y compactado.

5.2) Separación de fracción ligera y pesada mediante clasificación

En la clasificación, por ejemplo, con ayuda de clasificadores neumáticos, las partículas de vidrio y piedras se separan de la fracción de alto poder calorífico. Eso sí, éste procedimiento se emplea con menos frecuencia que el cribado.

6) Separación mediante clasificación

En aquellos casos, en los cuales los residuos secos (sobre todo desechos industriales y voluminosos, así como residuos de la construcción) contienen altos porcentajes de materiales aprovechables, puede tener lugar una clasificación manual. Los pasos de clasificación se realizan en la mayoría de los casos después del cribado previo. Cribados neumáticos constituyen un apoyo valioso para la separación de la mezcla de desechos y la producción de combustibles derivados de residuos.

CONTINUACIÓN
TRANSPOSICIÓN
TÉCNICA7) Trituración más fragmentada

Si la fracción de alto poder calorífico se utiliza como combustible, por ejemplo en la co-incineración (consulte también la ficha de datos „Co-incineración industrial”), a menudo se requiere una trituración más fragmentada. Para ello se emplean preferentemente picadoras de alta velocidad, con las cuales se pueden obtener tamaños de grano entre 60 y 60 mm. Si se requiere una trituración todavía más fragmentada, es necesario peletizar primero los desechos, lo que implica un alto esfuerzo técnico.

8) Prensas embaladoras

A menudo, el material separado (en la mayoría de los casos plásticos y papel) se prensa en pacas, a fin de optimizar el almacenamiento y facilitar el transporte.

En el caso del **procedimiento EMB**, en la mayoría de los casos, tras la estabilización biológica se separan mecánicamente solo los metales y las pulpas gruesas minerales. Antes del proceso biológico puede ser necesario separar los impropios y llevar a cabo una trituración previa.

- **Tratamiento biológico**

Para la fase de tratamiento biológico se emplean distintas tecnologías. Se trata habitualmente de la descomposición intensiva / compostaje o de la digestión anaeróbica. Detalles al respecto se encuentran en fichas de datos separadas (véase las fichas de datos „Compostaje” y „Digestión anaeróbica”).

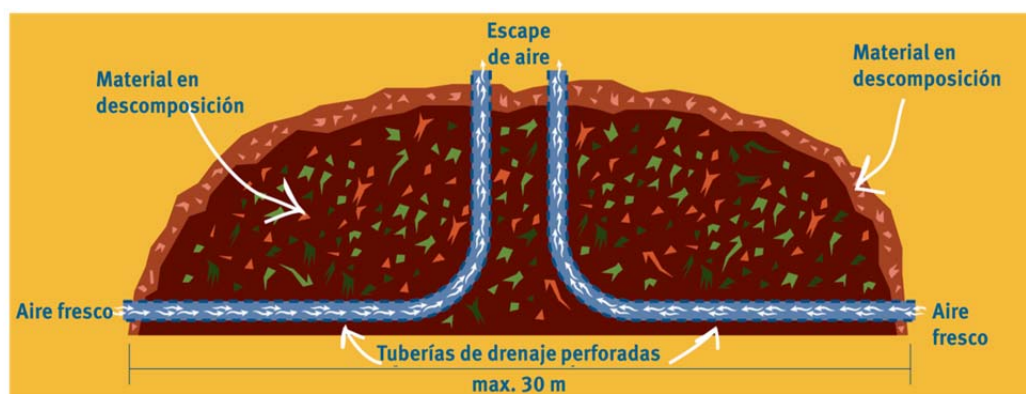
A continuación se tratan únicamente las particularidades de los procedimientos mencionados en el tratamiento mecánico-biológico de los residuos. Esto concierne en el caso del **procedimiento TMB** a:

- Procedimiento de descomposición

Al igual que como en el compostaje, para la descomposición de los residuos se pueden emplear método estáticos y dinámicos. Los métodos estáticos son los métodos más sencillos de descomposición. En este caso, los residuos no se mueven durante la biodegradación. Para ello, los residuos homogeneizados se juntan en pilas simples, montones triangulares o trapezoidales. El montón debe hacerse sobre un subsuelo impermeable, para no contaminar las aguas subterráneas.

En el caso más sencillo y de requerimientos menos exigentes que las exigencias en el entretanto usuales en países como Alemania relacionados con el tratamiento del aire de escape, la descomposición biológica puede llevarse a cabo ya con el procedimiento por ventilación inducida según Spillmann / Collins. En este procedimiento se colocan tubos de drenaje perforados en el montón. A través del autocalentamiento biológico del material en descomposición se genera una corriente de aire, la que suministra oxígeno al material. Una membrana cobertora regula el contenido de humedad del material. Se puede trabajar con montones trapezoidales de hasta 2,5 m de altura.

Figura 18: Procedimiento por ventilación inducida según Spillmann/Collins



CONTINUACIÓN
TRANSPOSICIÓN
TÉCNICA

Sin embargo, los sistemas de descomposición sin movimiento de los desechos y sin apoyo técnico para la ventilación y para la irrigación se utilizan en Alemania únicamente para la maduración con ventilación pasiva (maduración abierta en vertederos).

Por el contrario, para la descomposición principal se emplean procedimientos con ventilación activa bajo control del contenido de agua y oxígeno y con recogida del aire de escape.

Boxes y contenedores de descomposición

Otro método estático consiste en boxes y contenedores de descomposición. Los boxes pueden estar fabricados de hormigón reforzado o acero. Disponen de un suelo móvil perforado y trabajan en el régimen por cargas. Los boxes son alimentados con aire por el suelo perforado, el aire de escape se succiona por la parte superior y a continuación se somete a un tratamiento. Los boxes de descomposición requieren de un minucioso pretratamiento mecánico. La descomposición intensiva finaliza tras 8 a 10 días. La tecnología es sencilla y de larga vida.

Se pueden emplear igualmente *métodos dinámicos o cuasi-dinámicos*, tales como tambores de descomposición, reactores de túneles y montones removidos regularmente. La ficha de datos relativa a los procedimientos de compostaje contiene detalles al respecto (véase ficha de datos „Compostaje“).

Las tecnologías de descomposición intensivas se pueden implementar perfectamente en el procedimiento EMB. Se emplean para el biosecado y la esterilización de todo el flujo de input, produciendo de esta forma un output ampliamente apropiado para el tratamiento térmico y para procesos de combustión. Las propiedades biológicas de los desechos se aprovechan para el secado. Para ello, los sistemas técnicos se llenan completamente con desechos, en la mayoría de los casos sin clasificar, pero homogeneizados. El agua de infiltración y el aire de escape se recogen; éste último se descontamina. Dado al input sin clasificar y a las altas tasas de emisión, así como al volumen de agua de infiltración en la primera fase del tratamiento, el proceso debe ser encapsulado completamente.

Gracias a la reducción de la humedad ocasionada por el biosecado y a la separación subsiguiente de materiales no combustibles, el tratamiento térmico del material de output se hace relativamente fácil. El poder calorífico del combustible secundario producido de esta forma llega hasta el margen entre 12 a 16 MJ/kg, lo que permite una co-incineración industrial.

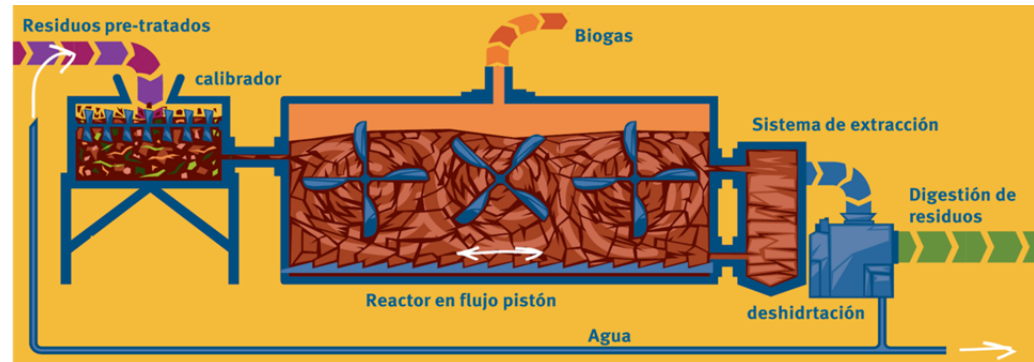
Otra posibilidad de realizar la fase biológica según el procedimiento EMB es la digestión anaeróbica. En la digestión anaeróbica, la biodegradación tiene lugar en ausencia de oxígeno dentro de un digestor cerrado.

Se puede diferenciar entre digestión seca y digestión húmeda. Una ficha de datos separada contiene descripciones más detalladas al respecto. (véase la ficha de datos “Digestión anaeróbica“)

A continuación se describen las tecnologías de digestión específicas empleadas en el tratamiento mecánico-biológico de residuos. Si en una planta TMB está integrada una digestión anaeróbica, normalmente el proceso se concibe para optimizar la producción de biogás. En algunos casos, la optimización se diseña en función de la producción de biogás y de combustibles secundarios. Dado a la poca homogeneidad del material a fermentar (por un lado, sedimentos y por otro lado fibras), la fermentación seca de una sola fase es frecuentemente el método de tratamiento preferido.

CONTINUACIÓN
TRANSPOSICIÓN
TÉCNICA

Figura 19: Esquema del procedimiento fermentación seca de una sola fase (disposición de los componentes según Linde-KCA)



Las ventajas de la fermentación seca son:

- poca demanda de agua,
- gracias al mayor contenido de materia seca, en comparación con la fermentación húmeda, es más fácil integrar los componentes sedimentados.

Para poder llevar a cabo el tratamiento de desechos residuales con la digestión anaeróbica es necesario cumplir determinados requisitos en relación con el equipamiento, el personal y la planificación de la planta. Materias corrosivas (por ej. cloro, azufre, ácidos) y materiales abrasivos (por ej. minerales, metales) ocasionan un alto desgaste. Los problemas típicos del tratamiento de desechos residuales mediante la digestión anaeróbica pueden minimizarse con las siguientes soluciones técnicas:

- la inoculación de biogás en vez de agitadores para la circulación dentro del digester minimiza la formación de la capa flotante y evita enrollamientos del material en el mecanismo agitador,
- la separación previa y el retiro de componentes pesados (materiales sedimentados) y materias ligeras (productos textiles, láminas), para prevenir enrollamientos, obstrucciones y la formación de capa flotante,
- el ajuste del contenido de materia seca en 20 a 40 % antes de la fermentación o
- el lavado de la fracción fina tras el pretratamiento mecánico con el objetivo de sacar las materias ligeras, arena y otros materiales abrasivos (por ej. vidrio); el material restante, compuesto en su mayor parte por sustancias biodegradables, puede ser fermentado en el procedimiento húmedo.

En promedio, el proceso de fermentación termina dentro de aprox. 18 a 21 días. Enseguida, el material obtenido es desaguado en una prensa. Los residuos sólidos son sometidos a un compostaje y a continuación depositados, mientras que las aguas residuales experimentan otro tratamiento más.

Básicamente, el aire de escape generado en plantas TMB y EMB debe ser recogido y tratado. En dependencia de los procedimientos utilizados, de las cantidades de aire y de las prescripciones legales pueden entrar en consideración para ello biofiltros en combinación con procedimientos térmicos, tales como la oxidación térmica regenerativa. La ventaja de los procedimientos térmicos consiste en la considerable reducción de los compuestos orgánicos. Su desventaja es el consumo de energía (sobre todo si la planta misma no genera biogás) y, en parte, el alto gasto de manutención de la técnica.

<p>FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL</p>	<p>Input:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 % de residuos urbanos mixtos - Agua (si se emplea la digestión como fase biológica) <p>Output (tomando como base la composición media de residuos en Europa):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2–5 % de impropios - 2–4 % de metales (metales ferrosos y no ferrosos) - 30–45 % de combustible secundario - 40–65 % de fracción fina para el tratamiento biológico <ul style="list-style-type: none"> de ello: 10–25 % de pérdida de masa por la biodegradación, hasta 20 % de descarga como agua 5 % de conversión a biogás 30–50 % quedan como resto para la deposición. <p>El transcurso modificado del procedimiento de separación y actividad biológica en el procedimiento EMB mejora la capacidad de reutilización de los materiales no biodegradables, conduciendo a una reducción de las cantidades a verter.</p>																
<p>ÁMBITO DE APLICACIÓN</p>	<p>Las plantas de tratamiento mecánico-biológico de residuos se construyen hasta la fecha con las siguientes dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - caudal mínimo (con métodos de descomposición simples): 25.000 Mg/a - caudal mínimo (con digestión anaeróbica): 60.000 Mg/a - caudales máximos: aprox. 300.000 Mg/a 																
<p>RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS</p>	<p>- El tratamiento mecánico-biológico de residuos es un paso de tratamiento previo al vertido de los residuos. No obstante, para que la recolección de los residuos no esté vinculada a requerimientos especiales y a fin de poder cumplir mejor los criterios para un vertido seguro de los residuos con ayuda del tratamiento, es conveniente configurar el procedimiento de tal forma, que los materiales reciclables y la energía sean puestos a disposición para su posterior utilización en el transcurso del mismo.</p>																
<p>VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS</p>																	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<p>El consumo de energía medio se sitúa entre 20 a 70 kWh/Mg, correspondiendo la mayor parte al pretratamiento mecánico con aprox. 10 a 30 kWh/Mg.</p> <p>Cuadro 10: Comparación del consumo energético de las distintas variantes de proceso (fuente: Nagel, Nachhaltige Verfahrenstechnik, 2015)</p> <table border="1" data-bbox="397 1402 1420 1626"> <thead> <tr> <th>Consumo</th> <th>TMB (descomposición)</th> <th>TMB (digestión)</th> <th>EMB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Corriente</td> <td>45 kWh/Mg</td> <td>65 kWh/Mg</td> <td>100 kWh/Mg</td> </tr> <tr> <td>Calor</td> <td>0</td> <td>Autoabastecimiento mediante el gas producido</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Gas (de ello para la oxidación térmica regenerativa)</td> <td>41 (39) kWh/Mg</td> <td>58 (45) kWh/Mg</td> <td>25 (25) kWh/Mg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Plantas TMB con una fase de digestión generan aprox. 70 a 170 m³ de biogás por Mg de residuos para la fermentación.</p>	Consumo	TMB (descomposición)	TMB (digestión)	EMB	Corriente	45 kWh/Mg	65 kWh/Mg	100 kWh/Mg	Calor	0	Autoabastecimiento mediante el gas producido	0	Gas (de ello para la oxidación térmica regenerativa)	41 (39) kWh/Mg	58 (45) kWh/Mg	25 (25) kWh/Mg
Consumo	TMB (descomposición)	TMB (digestión)	EMB														
Corriente	45 kWh/Mg	65 kWh/Mg	100 kWh/Mg														
Calor	0	Autoabastecimiento mediante el gas producido	0														
Gas (de ello para la oxidación térmica regenerativa)	41 (39) kWh/Mg	58 (45) kWh/Mg	25 (25) kWh/Mg														
<p>RELEVANCIA EN RELACIÓN CON EL CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Estudios para determinar los impactos en el medio ambiente presumen que el vertido de residuos estabilizados produce, comparado con residuos sin tratar, tan solo aprox. el 10 % de los gases de vertedero y 10 % del agua de infiltración de vertedero. - El empleo de sistemas cerrados para la fase biológica del tratamiento ayuda a reducir las emisiones y a evitar el escape de gases de efecto de invernadero a la atmósfera. 																
<p>MEDIOS AUXILIARES / ADITIVOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ninguno aparte de los nombrados 																

RECURSOS HUMANOS	<p>El número de personal necesario depende más que nada de la capacidad de la planta. La demanda media es similar a la de las plantas de compostaje (véase ficha de datos „<u>Compostaje</u>“). Por su naturaleza, una clasificación manual integrada requiere de un mayor número de mano de obra. Personal cualificado en forma especial es necesario sobre todo si la configuración del proceso es compleja.</p>
DEMANDA DE SUPERFICIE	<p>El espacio necesario mínimo depende de la capacidad de la planta. El espacio adicional que se requiere puede ser muy bajo, si el tratamiento es parte de la deposición, lo que hace necesario únicamente el espacio requerido para el compostaje de los montones o para las zonas de descomposición. Los datos respecto al espacio necesario para el compostaje y la digestión anaeróbica pueden utilizarse en forma análoga (véase fichas de datos „<u>Compostaje</u>“ y „<u>Digestión anaeróbica</u>“).</p>
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	<p>Las inversiones abarcan principalmente los siguientes ítems de costos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costos de adquisición y urbanización del terreno: dependen de las condiciones locales y de la capacidad planificada (bastante más bajos, si el tratamiento se lleva a cabo en un vertedero) - Dotación (nivel de precios indagado para el año 2008) <ul style="list-style-type: none"> Fase mecánica: <ul style="list-style-type: none"> - Edificios incl. tanque: 40 EUR/(Mg*a) - Máquinas estacionarias: 20–80 EUR/(Mg*a) - Equipamiento móvil: 5–10 EUR/(Mg*a) Fase biológica: <ul style="list-style-type: none"> <u>Procedimiento de descomposición:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Elementos constructivos: 70–90 EUR/(Mg*a) - Máquinas estacionarias: 110–140 EUR/(Mg*a) <u>Fermentación:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Elementos constructivos: 50–60 EUR/(Mg*a) - Máquinas estacionarias: 130–180 EUR/(Mg*a) <p>Estimaciones aproximadas de los costos de capital para una planta TMB completa se sitúan en Europa entre 12 millones de EUR para una planta con 50,000 Mg/a de capacidad y 40 millones de EUR para una planta con 220,000 Mg/a de capacidad. Procesos TMB en vertederos de concepción sencilla pueden realizarse en países que no disponen de mucho capital en una magnitud entre 15 a 20 EUR por Mg Input¹⁹.</p>
COSTES DE OPERACIÓN	<p>Gastos corrientes se generan para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Personal (en dependencia del mercado laboral local) - Consumo energético, seguros, etc. - Reparaciones y mantenimiento - Para cada componente alrededor del 1 % de los costos de inversión - Máquinas y equipo electrónico: 3 a 6 % de los costos de inversión - Equipamiento móvil (por ej. cargadoras sobre ruedas): 8 al 15 % de los costos de inversión; <p>El mayor desgaste en las plantas TMB con digestión anaeróbica ocasiona mayores gastos de mantenimiento en comparación con la fermentación de biorresiduos. En el cuadro a continuación se muestra la situación total de costos (neto) en el ejemplo de una planta con 150.000 Mg de caudal anual.</p>

¹⁹ Proyecto sectorial de la Sociedad de Cooperación Técnica - tratamiento mecánico-biológico de residuos

Cuadro 11: Gastos de explotación EUR/Mg (fuente: Morgenstern: Restabfallentsorgung in Deutschland, Econum GmbH)

Ítem de costos	Coste total EUR/Mg	de ellos parte variable EUR/Mg
Personal	6	
Mantenimiento/Reparaciones	9	5
Energía, combustibles	7	7
Seguros y varios	6	
Eliminación, transporte CDR (con 50 % del input)	30	30
Eliminación, transporte material vertido (con 20 % del input)	5	5
Eliminación, transporte varios (con 7 % del input)	5	5
Eliminación, transporte metales (con 3 % del input)	-3	-3
Amortizaciones e intereses	25	
Total	90	48

POSIBILIDAD DE INGRESOS

- Por la venta de materiales reutilizables, en particular de metales; en cambio, los ingresos por la venta de combustibles secundarios son inciertos

COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA

- En el rango entre 40 a 120 EUR/Mg para el tratamiento (sin los costos para la disposición a continuación, así como la valorización de los combustibles secundarios). Por otra parte, el volumen total a eliminar en el vertedero es inferior, ahorrándose de esta forma costos, además de la utilización por más tiempo de las capacidades de vertedero existentes, lo que significa igualmente una ventaja económica.

OTROS DETALLES

SINOPSIS DEL MERCADO

APLICACIONES DE REFERENCIA

La tecnología del tratamiento mecánico-biológico de los residuos ha experimentado en los últimos dos decenios un gran desarrollo en Europa. Hoy en día se encuentran en funcionamiento en Europa mucho más de 100 plantas de este tipo para el tratamiento de desechos residuales. Tan solo en Alemania se gestionan cerca de 50 plantas con capacidades >20.000 Mg/a. El tamaño medio de las plantas se encuentra en el rango de 100.000 Mg/a, pero existen también plantas con un caudal de hasta 300.000 Mg/a. Casi todas las empresas eliminadoras de residuos de mayor envergadura utilizan en mayor o menor grado este procedimiento o participan en la gestión de tales plantas.

Como ejemplo han de nombrarse las siguientes empresas:

- MEAB mbH, Schöneiche www.meab.de
- Zweckverband Abfallwirtschaft Saale-Orla, Pößneck www.zaso-online.de
- MBA Lübeck www.entsorgung.luebeck.de/ueber_uns/unsere_anlagen/mba.html
- MBA Neumünster GmbH, Neumünster www.mba-nms.de
- WEV GmbH, Großpösna www.e-wev.de

También en otros países de la UE se encuentran plantas de mayor envergadura, en las cuales se aplica know-how o tecnología alemanes, así por ejemplo en Italia, Bulgaria, Portugal, Francia, Finlandia o Croacia.

FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS

En el pasado, un amplio espectro de fabricantes ofrecía en Alemania técnica de plantas para el tratamiento mecánico-biológico. En el entretanto, el número de proveedores se ha reducido y muchas empresas se han especializado en la fabricación de componentes de procedimiento especiales. Entre ellas figuran:

Equipos de trituración:

HAMMEL Recyclingtechnik GmbH, Bad Salzungen

www.hammel.de

(nota importante: la relación de empresas en esta sinopsis de ningún modo constituye una lista exhaustiva)

Clasificadores y técnica de separación:

EuRec Technology GmbH, Merkers
Mogensen GmbH & Co. KG, Wedel

www.eurec-technology.com
www.mogensen.de

Spaleck – Förder- und Separiertechnik

www.spaleck.de

Separadores de metales:

Steinert Elektromagnetbau GmbH, Colonia
IMRO Maschinenbau GmbH, Uffenheim

www.steinertglobal.com
www.eurec-technology.com

Wagner Magnete GmbH & Co. KG Spann- und Umwelttechnik, Heimertingen

www.wagner-magnete.de

Sistemas de tratamiento del aire de escape

LTB Lufttechnik Bayreuth GmbH & Co. KG, Goldkronach

www.ltb.de

- Dürr Systems GmbH Environmental and Energy Systems, Stuttgart

www.durr-cleantechnology.com/de

Frecuentemente, la planificación de las plantas en su conjunto es realizada por oficinas de proyectos especializadas o por el mismo gestor de la planta. Algunos ejemplos en este ámbito son las empresas:

- Strabag Umwelthanlagen GmbH, Dresden

www.strabag-umwelthanlagen.com

- Komptech Vertriebsgesellschaft Deutschland mbH, Oelde

www.komptech.de

- HAASE Energietechnik AG, Neumünster

www.bmf-haase.de

- Herhof GmbH (filial de la Helector S.A).

www.herhof.com

- AMB Anlagen Maschinen Bau GmbH, Oschersleben

www.amb-group.de

A modo de ejemplo, las siguientes empresas ofrecen plantas y componentes para sistemas de secado biológico sencillos:

- CONVAERO GmbH

www.convaero.com

- W.L. Gore & Associates GmbH

www.gore.com/de_de/

OBSERVACIONES Y OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Organizaciones relevantes y punto de contacto para mayores informaciones relativas al tratamiento mecánico-biológico de residuos y su transposición son:

- Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische Abfallbehandlung

(grupo de trabajo "tratamiento de residuos específico a la materia"):

www.asa-ev.de

- Arbeitskreis für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfälle

(comisión de trabajo "aprovechamiento de residuos urbanos"):

www.ans-ev.de

- Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V.

(asociación registrada "combustibles secundarios y madera reciclada"):

www.bgs-ev.de

- Fachverband Biogas e.V. (asociación profesional registrada "biogás")

www.biogas.org

SECADO SOLAR (EN PARTICULAR DE FANGOS DE DEPURACIÓN)

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN	- Reducción de volumen y masa, así como incremento del poder calorífico de fangos de depuración (y en algunos casos de otro material de desecho con un alto contenido de humedad)
-------------------------------	---

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Residuos de alimentos, jardines	X ¹
Papel/cartón/cartulina		Residuos domésticos mixtos		Residuos voluminosos	
Bombillas		Residuos textiles		Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera	X ¹	Residuos de construcción y demolición	
Aceites usados		Residuos de pinturas y barnices		Neumáticos	
Residuos peligrosos					
Residuos específicos de producción y sectoriales					
Otros tipos de residuos	X	Fangos de depuración			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUERIMIENTOS PARA LA APLICACIÓN:

Necesidad de un tratamiento previo:

Para un proceso de secado efectivo, los residuos deben disponer de una amplia superficie específica y de una estructura homogénea. Por esta razón, el material en pedazos requiere de una trituración y homogeneización.

Posibilidades de valorización del material obtenido:

Sobre todo, aprovechamiento térmico.

Posibilidades de eliminación y almacenamiento del material obtenido:

Sobre todo, incineración, los criterios para un almacenamiento inocuo (según los requerimientos alemanes, es decir, con arreglo al reglamento relativo a vertederos de residuos y el almacenamiento a largo plazo) no se cumplen. No obstante, la descomposición que tiene lugar en forma paralela al proceso de secado conduce también a una reducción de la actividad biológica de los residuos.

Requerimientos de protección especiales:

En dependencia del lugar de emplazamiento y del tamaño de la instalación, en el secado solar del fango de depuración no se requiere una descontaminación del aire de escape (sin embargo, deben considerarse y reducirse las molestias por el olor). Las aguas residuales se eliminan con el aire de escape y no se producen en forma líquida. Todo ello presupone que el secado solar tenga lugar en una construcción de vidrio (al menos en parte) cerrada y sobre un subsuelo sellado.

EFFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD:

Infraestructura

Dado que para el secado solar es necesario extender el input en una capa delgada, para construir la planta se requiere un espacio mayor. Por otra parte, debido los transportes necesarios de entrada y salida hay que cerciorarse de tener una buena accesibilidad y conexión a las vías de transporte. Se recomienda integrar la instalación de secado en una planta de tratamiento más amplia (por ej. depuradora o instalación de valorización térmica).

¹ solo material leñoso de poda, residuos leñosos o restos con contenido de humedad desfavorable para una utilización a continuación (en particular uso térmico)

<p>Condiciones climáticas: Los siguientes factores tienen relevancia especial para la efectividad del secado: - Número de horas de luz solar e intensidad de la radiación - Humedad y temperatura del aire ambiental Se recomienda desistir de aplicar esta técnica en emplazamientos que disponen de condiciones desfavorables en este sentido. Otros parámetros relevantes son la cantidad de aire y la humedad de salida del material.</p> <p>Posibilidad de financiación: Financiación mediante tarifas por los precios de recepción de fangos a secar a pagar en caso de suministro externo.</p>	
DETALLES TÉCNICOS	
SINOPSIS GENERAL	
DESCRIPCIÓN ABREVIADA	El secado solar sirve para reducir el volumen y la masa, así como para incrementar el poder calorífico especialmente de fangos de depuración. Para el secado se utiliza en primer lugar el calor de la radiación del sol. El secado se realiza en naves de techo transparente y en la mayoría de los casos cerradas por los lados. La energía solar calienta el material a secar y el aire de la nave, apoyando con ello el traspaso de la humedad al aire. El material a secar se afloja / remueve a fin de intensificar el proceso de secado.
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Condiciones climáticas adecuadas (duración e intensidad de la luz solar) - Techo/nave transparentes - Técnica para aflojar el material a secar - Ventilación / aireación intensivas
RESULTADOS ESPERADOS	En dependencia de las condiciones climáticas dadas y del tipo del material a secar: <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad media de evaporación específica hasta 1000 kg/m² de superficie de secado (en Europa, según FISCHLI 2004) - Grado de secado óptimo aprox. 70 % de contenido de materia seca - Grado de secado máximo alcanzable (teorético) > 90 % de contenido de materia seca
VENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Menor consumo específico de energía eléctrica - No se requiere energía térmica artificial adicional (válido en particular si no se gestiona en el invierno) - Técnica sencilla y robusta
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Baja eficiencia de secado (tiempo de duración) - Alta demanda de superficie - Las plantas de referencia existentes hasta ahora trabajan más que nada con baja capacidad
DETALLES DE LA APLICACIÓN	
TRANSPOSICIÓN TÉCNICA	Mediante el secado solar se puede producir una mezcla de materiales granulada que gracias a sus buenas propiedades logísticas abre muchas posibilidades de eliminación y posee buenas condiciones para la utilización térmica. El material a secar y el aire en la nave son calentados durante el proceso de secado por la energía solar, acelerando con ello el traspaso de la humedad desde los residuos al aire. A través de la mayor presión de vapor del agua se empuja el agua desde el material input hacia el aire ambiental caliente y saturado con vapor de agua. El aire ascendente saturado de humedad debe ser sacado del sistema. Gracias a la nave diseñada con chapaletas de salida en el techo, que producen un efecto de chimenea, se obtiene la circulación necesaria del aire y, en caso de ser necesario, mediante ventiladores a motor adicionales. A fin de intensificar el proceso de secado se emplean aparatos técnicos y un dispositivo de funcionamiento plenamente automático para aflojar / remover el material a secar. El secado por radiación puede ser apoyado con un sistema de calefacción. Por lo general, las instalaciones trabajan en el régimen por cargas.

CONTINUACIÓN
TRANSPOSICIÓN
TÉCNICA

Figura 1: Ejemplo para el concepto de una instalación (en este caso de Thermo-System Industrie und Trocknungstechnik GmbH) (la integración de un sistema de calefacción adicional, como lo muestra la ilustración, es válida para el caso de funcionamiento en el invierno)



Figura 2: Ejemplo para el concepto de una instalación (en este caso de IST-Anlagenbau GmbH)



<p>FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Input: Fango líquido con 1 a 10 % de contenido de MS Fango deshidratado previamente con 10 a 40 % de contenido de MS (en su mayoría sobre el 20 %) - Output: Material con una humedad final entre 50 y 90 % de contenido de MS, pero pocas pérdidas por procesos de biodegradación)
<p>ÁMBITO DE APLICACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hasta ahora practicado técnicamente en particular para fango de depuración húmedo o deshidratado previamente con cantidades entre 300 y 15.000 Mg/a - Empleado también en el secado de madera, probado solo en proyecto piloto para el secado de desechos residuales
<p>COMBINACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS</p>	<p>Por la homogeneización y el incremento del poder calorífico, el secado solar se apropia bien como fase previa al aprovechamiento energético.</p>
<p>VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS</p>	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energía eléctrica específico: 10–30 kWh/Mg de H₂O extraída.
<p>RELEVANCIA EN RELACIÓN CON EL CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gracias a la utilización energética de la parte regenerativa del material secado se obtiene un balance de CO₂ positivo.
<p>MEDIOS AUXILIARES / ADITIVOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Técnica apropiada para alimentar a las y vaciar el material de las naves de secado, en dependencia de la composición y cantidad del material a secar (por ej. cargadora sobre ruedas)

RECURSOS HUMANOS	- Gracias a la automatización del sistema de aflojamiento del fango de depuración a secar, el proceso de secado transcurre en forma autónoma; para la alimentación y el vaciado de las naves de secado, así como para el control y el mantenimiento (en función de la capacidad de la instalación) se requiere poco personal operario.
DEMANDA DE SUPERFICIE	- En dependencia del caso de aplicación se pueden tratar entre 0,5 y 6 Mg de fango por m ² de superficie de secado y año sin necesidad de aporte adicional de calor, según las condiciones climáticas se gestiona por temporadas
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	Difieren en forma considerable, según datos orientativos de proveedores de instalaciones (en el año 2008): - Sin uso del calor residual: cerca de 250 EUR/m ² de superficie de nave - Con uso del calor residual: cerca de 350 EUR/m ² de superficie de nave
COSTES DE OPERACIÓN	- Aprox.: 15 EUR por Mg de H ₂ O extraída
POSIBILIDAD DE INGRESOS	- Mediante los precios de recepción por el material a secar - Para un material seco utilizable como producto de combustible en caso de que los precios de entrega sean positivos
COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA	- Fluctúan considerablemente en función del material, la potencia de evaporación y el contenido de agua en el input / output
OTROS DETALLES	
SINOPSIS DEL MERCADO	
APLICACIONES DE REFERENCIA	Aplicación creciente en nivel mundial, ya más de cien instalaciones en funcionamiento tan solo en Alemania, Suiza, Austria, Francia y Australia. Instalaciones de referencia en Alemania son, entre otras: - Wasserverband Nord, Bredstedt (<i>confederación hidrográfica</i>) www.wv-nord.de - Depuradora en Pocking www.pocking.de - Grünstadt, Rheinland Pfalz (<i>ciudad de Grünstadt en Renania-Palatinado</i>) www.ebg-gruenstadt.de
FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS <i>(nota importante: la relación de empresas en esta información de ningún modo constituye una lista exhaustiva)</i>	Fabricantes de instalaciones y componentes de instalaciones para el secado solar de residuos en Alemania son, por ejemplo: - IST Anlagenbau GmbH, Kandern www.wendewolf.com - THERMO-SYSTEM Industrie- & Trocknungstechnik GmbH, Filderstadt-Bernhausen www.thermo-system.com - Hans Huber AG Maschinen- u. Anlagenbau, Berching www.huber.de

APROVECHAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS MEDIANTE CO-INCINERACIÓN INDUSTRIAL ^{*)}

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN

- Aprovechamiento energético de residuos (en su mayoría pretratados) o mezclas de residuos, como combustibles sólidos recuperados (CSR), en procesos de incineración para la obtención de energía y sustituir los recursos energéticos primarios.
- *) El tratamiento de los gases de combustión, como fase que debe ser integrada en el proceso, figura en un documento específico (ver la hoja de datos "Tratamiento de los gases de combustión")

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros	X ¹	Alimentos, jardines	
Papel, cartulina, cartón	X ¹	Residuos domésticos mixtos	X	Residuos voluminosos	X ¹
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera	X ²	Residuos de construcción y demolición	X ¹
Aceites usados	X ³	Pinturas y barnices	X	Neumáticos	X ²
Residuos peligrosos	X	En parte, solo en plantas con la correspondiente autorización y solo materiales con valores caloríficos medios a altos.			
Residuos específicos de producción y sectoriales	X	Materiales apropiados, en particular de bajo contenido en cloro y metales pesados, con valores caloríficos medios a altos.			
Otros tipos de residuos	X	Especialmente materiales de bajo contenido en cloro y metales pesados con valores caloríficos medios a altos, sobre todo fangos de depuración, harina de animales, restos de la clasificación de residuos industriales			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Es necesario un tratamiento específico de los combustibles sólidos recuperados para cumplir los requisitos específicos de las respectivas plantas de aprovechamiento. Por regla general se requiere el cumplimiento de determinadas propiedades físico-químicas (valor calorífico, humedad, fragmentación, contenido de cloro y metales pesados).

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

El material obtenido varía en cantidad y tipo según el ámbito de aplicación, por ejemplo, los residuos incinerados en una fábrica de cemento son integrados en gran parte en los ladrillos de cemento. El material inerte residual de las centrales eléctricas (cenizas volátiles, cenizas de fondo – polvo de caldera, granulado de la cámara de fusión, yeso FGD) pueden ser utilizados como materiales de construcción en la fabricación de hormigón, en minas o en la construcción de carreteras y caminos, así como en movimientos de tierras, cimientos y trabajos paisajísticos.

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

Aquí son relevantes sobre todo los materiales residuales de la depuración de los gases de escape que requieren una eliminación segura (ver la hoja de datos "Tratamiento de los gases de combustión").

Necesidad de tratamiento posterior

Los contingentes de material obtenido, destinados a una eliminación en vertederos de la categoría requerida, están sujetos a los procesos de tratamiento posterior habituales en aquellos.

- ¹ Dar prioridad a la vías de recuperación de material y, dado el caso, las fases de preparación (mecánicas) necesarias para ello, pero buena aptitud para restos con alto contenido calorífico de la clasificación o preparación de los citados materiales tras su preparación y la degradación de su contenido de cloro y metales pesados
- ² Verificar previamente la posibilidad de recuperar material (reciclado de madera) y anteponerlo en particular para las fracciones de madera usada inalterada, sin tratar. También son apropiados los procedimientos especiales de combustión de madera (mono-incineración).
- ³ Comprobar previamente y, dado el caso, priorizar las vías de tratamiento y aprovechamiento de material.

Requisitos especiales de protección

Son necesarias medidas de precaución contra incendios especialmente en la zona de almacenamiento de los combustibles sólidos recuperados. Los gases de escape de la incineración deben ser tratados y depurados de tal modo que no supongan ningún incremento del riesgo para la salud, no puedan tener efectos permanentes sobre bienes protegidos y el entorno y cumplan las disposiciones legales (ver las fichas técnicas sobre "Tratamiento de los gases de combustión" y "Directivas tecnológicas de la UE, en particular la directiva sobre las emisiones industriales").

Riesgos potenciales para la salud

La liberación de los gases de combustión sin tratar representa un elevado riesgo para la salud de la población colindante, pero ese riesgo puede prevenirse con eficacia mediante el uso de modernas tecnologías de depuración y la adopción de medidas de seguridad. Las plantas incineradoras equipadas con las tecnologías de tratamiento de los gases de combustión disponibles en la actualidad se consideran inocuas para la salud (ver la hoja de datos "Tratamiento de los gases de combustión").

EFFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD

Datos de las infraestructuras

La co-incineración industrial tiene lugar predominantemente en plantas ya existentes, por lo que ya se dispone de la infraestructura necesaria. La ampliación de la zona de recepción y almacenamiento para los combustibles sólidos recuperados exige disponer de la superficie necesaria o crearla.

Datos climáticos

No presenta ningún requerimiento o limitación. El uso de la co-incineración o de la mono-incineración industrial de combustibles sólidos recuperados es recomendable en regiones con una elevada demanda de energía y calor a distancia.

Mecanismos de financiación adecuados

La inversión adicional y las medidas operativas para la realización de la co-incineración pueden financiarse mediante el cobro de tasas de tratamiento a los proveedores de los combustibles sólidos recuperados (recargo por la admisión de combustible) o bien mediante el ahorro que representa la sustitución de los combustibles convencionales. Las empresas de tratamiento de residuos pueden facturar la tasa de tratamiento a los productores de los residuos.

DETALLES TÉCNICOS

SINOPSIS GENERAL

DESCRIPCIÓN
ABREVIADA

En la co-incineración industrial tiene lugar un aprovechamiento térmico de residuos, en su mayoría pretratados, en forma de los denominados combustibles sólidos recuperados (CSR). Instalaciones apropiadas para ello son, principalmente, centrales eléctricas de hulla o lignito, fábricas de cemento, centrales eléctricas especiales que llevan a cabo una mono-incineración de los CSR, así como fábricas hasta ahora utilizadas solo ocasionalmente para ese fin como fábricas de ladrillo y cal, altos hornos de la industria del hierro, el acero o metales no ferrosos.

El uso de los combustibles sólidos recuperados permite sustituir los recursos energéticos primarios y aprovechar la energía de los residuos. La co-incineración en centrales eléctricas se efectúa incluyendo algunas modificaciones, por ejemplo, en el almacenamiento y la carga del combustible, en su mayoría mediante técnicas convencionales de incineración en parrilla (ver la hoja de datos "Incineración en parrilla") o de incineración en lecho fluidizado (ver la hoja de datos "Incineración de lecho fluidizado"); en las fábricas de cemento se emplea sobre todo el procedimiento de incineración en horno rotativo. Los sistemas de depuración de los gases de combustión pueden ser utilizados o requieren ciertas ampliaciones en función del combustible.

REQUISITOS BÁSICOS	<p>- Es necesario conseguir unas propiedades físico-químicas de los combustibles sólidos recuperados a utilizar mediante una preparación básicamente mecánica de los residuos. Esas propiedades deben responder a los requisitos de la planta. Además es necesario mantener constante esa calidad obtenida. La tabla siguiente muestra algunos de los criterios de calidad habituales.</p> <p>Tabla 1: Criterios de calidad habituales de los combustibles sólidos recuperados</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #4CAF50; color: white;"> <th>Parámetro</th> <th>Unidad</th> <th>Centrales eléctricas</th> <th>Fábricas de cemento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Granulometría</td> <td>mm</td> <td>10–25</td> <td>aprox. 30</td> </tr> <tr> <td>Interferentes</td> <td>-</td> <td colspan="2">Minerales, metales, madera, plásticos duros, piezas largas</td> </tr> <tr> <td>Contenido de ceniza</td> <td>Ma.-% (MS)</td> <td>10–25</td> <td>10–25</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad</td> <td>Ma.-%</td> <td>10–25</td> <td>10–25</td> </tr> <tr> <td>Valor calorífico</td> <td>MJ/kg</td> <td>>18</td> <td>>20</td> </tr> <tr> <td>Contenido de cloro</td> <td>g/kg MS</td> <td>5–15</td> <td><10</td> </tr> <tr> <td>Concentración de metales pesados</td> <td>mg/kg (MS)</td> <td colspan="2">Especificaciones especiales, p. ej. según RAL-GZ 724</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Unidad	Centrales eléctricas	Fábricas de cemento	Granulometría	mm	10–25	aprox. 30	Interferentes	-	Minerales, metales, madera, plásticos duros, piezas largas		Contenido de ceniza	Ma.-% (MS)	10–25	10–25	Contenido de humedad	Ma.-%	10–25	10–25	Valor calorífico	MJ/kg	>18	>20	Contenido de cloro	g/kg MS	5–15	<10	Concentración de metales pesados	mg/kg (MS)	Especificaciones especiales, p. ej. según RAL-GZ 724	
Parámetro	Unidad	Centrales eléctricas	Fábricas de cemento																														
Granulometría	mm	10–25	aprox. 30																														
Interferentes	-	Minerales, metales, madera, plásticos duros, piezas largas																															
Contenido de ceniza	Ma.-% (MS)	10–25	10–25																														
Contenido de humedad	Ma.-%	10–25	10–25																														
Valor calorífico	MJ/kg	>18	>20																														
Contenido de cloro	g/kg MS	5–15	<10																														
Concentración de metales pesados	mg/kg (MS)	Especificaciones especiales, p. ej. según RAL-GZ 724																															
RESULTADOS ESPERADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Menor consumo de combustibles primarios - <i>Material obtenido en las centrales eléctricas:</i> <ul style="list-style-type: none"> - producción de energía a partir de los residuos - material inerte residual en forma de escorias, cenizas volátiles, cenizas de fondo (arena de la caldera), granulado de la cámara de fusión y yeso FGD - gases de combustión - <i>Material obtenido en las fábricas de cemento:</i> <ul style="list-style-type: none"> - al integrar las cenizas de la combustión en los ladrillos de cemento, el aprovechamiento de los combustibles sólidos recuperados en fábricas de cemento no produce ningún residuo. 																																
VENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Sustitución de recursos energéticos primarios (con el consiguiente ahorro de costes y, en parte, incluso obtención de ingresos por el aprovechamiento de combustible alternativo). - Reducción del volumen de residuos a depositar, alivio para los vertederos. - Disminución del potencial de peligrosidad y reacción de los residuos, en parte incluso aprovechamiento total, sin material residual. - Coste claramente inferior al de las plantas de incineración de residuos normales. 																																
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Eventuales cambios de los productos (cemento, ladrillo, escoria de acero). - Mayor carga (térmica), sollicitación del sistema de combustión y conducción de los gases de escape. - Mayor riesgo de corrosión y, por tanto, mayor demanda de mantenimiento. - En parte valores más elevados de gases de escape que en los procesos de mono-incineración, por lo tanto en el futuro es necesario el uso de bypass para metales pesados críticos (p. ej. mercurio) en las fábricas de cemento. - Ceniza o escoria reactiva - Inversiones adicionales y operación más complicada. - Mayor riesgo de averías por los CSR, con los consiguientes paros de la producción. 																																
DETALLES DE APLICACIÓN																																	
REALIZACIÓN TÉCNICA	<p>Los procedimientos de preparación de residuos y las diferentes posibilidades que existen para producir los combustibles sólidos recuperados ya han sido incluidos en varias hojas de datos (ver, por ejemplo, <u>Clasificación de residuos voluminosos</u> o <u>„Tratamiento mecánico-biológico“</u>). Para el proceso de incineración propiamente dicho se emplean las técnicas también tratadas en las hojas específicas de incineración en parrilla (ver <u>„Incineración en parrilla“</u>) y de incineración en lecho fluidizado (ver <u>„Incineración en lecho fluidizado“</u>). Variantes utilizadas habitualmente en la co-incineración:</p>																																

CONTINUACIÓN
REALIZACIÓN
TÉCNICA

En centrales eléctricas

- Variante 1: aprovechamiento y optimización de los componentes disponibles para la co-incineración principalmente de CSR
- Variante 2: aprovechamiento de CSR en una gasificación o pirólisis previa y co-incineración de los gases obtenidos o del coque de la pirólisis en la caldera disponible (nota adicional importante: hasta ahora apenas existen aplicaciones a escala industrial totalmente funcionales)
- Variante 3: aprovechamiento de CSR en una caldera con lecho fluidizado circulante
- Variante 4: aprovechamiento de CSR en una caldera de lecho fluidizado externa con tratamiento de los gases de combustión y aprovechamiento de la caldera de vapor existente (circuito mixto)

Imagen 1: Esquema de un ejemplo de co-incineración industrial en una central eléctrica



En la industria del cemento

El uso de combustibles sólidos recuperados en la industria del cemento tiene lugar en la fase del proceso de cocción de los ladrillos y en el proceso de fabricación de cemento. La técnica más utilizada es el horno rotativo. Consiste en un cilindro con disposición horizontal, ligeramente inclinado y equipado con sistema de rotación. La circulación rotativa transporta el material introducido, incluidos los residuos, longitudinalmente por el horno, desde el punto de entrada hasta el punto de salida. La introducción de residuos fragmentados en la entrada del horno determina tanto la cantidad de combustibles fósiles a suministrar como también su distribución en el horno rotativo y en el calcinador. Esa distribución debe ser conocida, por ejemplo, por el control de la planta para lograr condiciones de combustión constantes que permitan una calidad elevada uniforme del producto.

En el uso de combustibles de sustitución desempeña un papel decisivo la relación de elementos y la relación de los valores caloríficos de los combustibles fósiles y de sólidos recuperados. Estos últimos se queman sin generar gases de escape nocivos gracias a las temperaturas extremas en el horno rotativo (temperatura de combustión >2000 °C). Los óxidos de nitrógeno son eliminados de los gases de escape con los procedimientos denominados DeNox.

El secado, el calentamiento y la desgasificación de los componentes volátiles de los residuos tienen lugar ya cerca de la entrada al horno rotativo, los gases liberados fluyen, junto con los gases de escape del horno rotativo, por el calcinador. La incineración de los componentes volátiles tiene lugar en el calcinador. La gasificación de los componentes sólidos, la combustión de los gases generados y la transferencia de material se producen ya cerca de la salida del cilindro. Un ejemplo contrario es el uso de un sistema de gasificación previa de CSR para producir gases combustibles, como en la fábrica de cemento de Rüdersdorf.

FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL	- En función de la tecnología de co-incineración aplicada se puede sustituir una parte de los combustibles regulares o primarios convencionales por CSR. Ese porcentaje depende del tipo de CSR, de la tecnología y de los requisitos de los productos. Mientras la tasa de sustitución en las centrales eléctricas oscila en un rango de 5–25 %, en relación a la potencia calorífica de incineración; las fábricas de cemento han sustituido ya su consumo de combustibles en hasta un 75 % (2014) y incluso más por ese método.
RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	- La co-incineración industrial es apta básicamente para procesos de producción y de generación de energía con incineración de materiales con un contenido calorífico de medio a alto, por otra parte los CSR se emplean en plantas de mono-incineración especiales en general con incineración en parrilla o en lecho fluidizado (ver las hojas de datos " <u>Incineración en parrilla</u> " o " <u>Incineración de lecho fluidizado</u> ").
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	- El ahorro de recursos energéticos primarios, de la energía para su obtención y tratamiento, así como el uso de fracciones de residuos regenerativos y su potencial energético arroja un balance energético positivo.
RELEVANCIA PARA EL CO ₂	- Reducción de las emisiones de CO ₂ en hasta un 35 % con la sustitución parcial de los recursos energéticos primarios; si se emplea exclusivamente CSR como combustible se eliminan las emisiones relevantes para el clima procedentes de los combustibles primarios y de otros métodos de aprovechamiento de los CSR.
MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS	- Para poder utilizar CSR en la co-incineración industrial no se requieren medios auxiliares ni aditivos. Pero sí es necesario un mayor tratamiento de los residuos que conlleva un coste adicional.
RECURSOS HUMANOS	- Demanda de personal sensiblemente superior en la planta de aprovechamiento para recepción y carga de los CSR (control de calidad, transporte con cargadora de ruedas, mantenimiento y reparación del sistema de dosificación de combustible secundario).
DEMANDA DE SUPERFICIE	- Superficie adicional de almacenamiento para los CSR, según demanda y uso de la planta, en el caso de las harinas de animales por ejemplo en silo. - Requiere también superficie adicional en la zona de recepción.
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	La co-incineración de combustibles sólidos recuperados en plantas incineradoras industriales existentes exige una inversión adicional. Esta inversión comprende en particular: <ul style="list-style-type: none"> - planificación y construcción de la zona de recepción, dispositivos de transporte y dosificación - una eventual ampliación del sistema de depuración de los gases de escape y de la técnica de emisiones <p>Los costes de inversión específicos adicionales para plantas de aprovechamiento existentes pueden situarse en un rango de 1,3–6 millones de euros o 25–45 EUR/Mg de combustibles sólidos recuperados (fecha 2008). Se incluye aquí también los costes para mantener la capacidad de almacenamiento con las correspondientes medidas técnicas de protección contra incendios.</p>
COSTES DE OPERACIÓN	El coste adicional de personal, así como de mantenimiento e inversión, produce un sensible aumento de los costes de operación. Los posibles cambios en las vías de aprovechamiento de los productos residuales (en particular de las cenizas volátiles) en las centrales eléctricas pueden provocar una merma en los ingresos de aprovechamiento o un aumento del gasto en eliminación.

<p>POSIBILIDAD DE INGRESOS</p>	<p>La admisión de combustibles procedentes de los residuos para la co-incineración puede constituir una fuente de ingresos para los operadores de plantas de co-incineración en forma de tasa de tratamiento. Una orientación aproximada ofrecen las siguientes escalas de precios (fecha 2011):</p> <ul style="list-style-type: none"> - central eléctrica de lignito con incineración de polvo: 5–15 EUR/Mg - central eléctrica de hulla con incineración de polvo: el mayor grado de preparación de los CSR conlleva en parte la anulación de ingresos - centrales eléctricas de hulla con incineración de lecho fluidizado: 0 a < 10 EUR/Mg
<p>COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA</p>	<p>No es posible ofrecer un dato concreto debido a las oscilaciones según plantas</p>
<p>OTROS DETALLES</p>	
<p>SINOPSIS DEL MERCADO</p>	
<p>APLICACIONES DE REFERENCIA</p>	<p>En Alemania, y progresivamente también en otros países de Europa y del resto del mundo, se aplica la co-incineración industrial en numerosas plantas industriales. Ejemplos en Alemania en esos sectores:</p> <p><u>Industria del cemento</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Cemex Zementwerke Rüdersdorf www.cemex.de - Dyckerhoff Zementwerke Deuna www.dyckerhoff.de <p><u>Centrales eléctricas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Central de Jänschwalde www.vattenfall.com - Central de Werne www.rwe.com <p><u>Producción de hierro y acero</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - DK Recycling und Roheisen GmbH, Duisburg www.dk-duisburg.de
<p>FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS</p> <p><i>(Nota importante: la relación de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva).</i></p>	<p>Fabricantes de plantas y componentes para plantas de co- y mono-incineración de combustibles sólidos recuperados son, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Steinmüller - Babcock Environment GmbH, Gummersbach www.steinmueller-babcock.com - Oschatz GmbH www.oschatz.com
<p>OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA</p>	
<p>Una organización relevante y centro de referencia para más información sobre los combustibles sólidos recuperados de calidad asegurada y su uso en es la Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V. (BGS). www.bgs-ev.de</p>	

TRATAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS – INCINERACIÓN EN PARRILLA*)

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN

- Reducir el volumen y el potencial de riesgo de los residuos a depositar a través de la mineralización, la destrucción de gran parte de la materia orgánica nociva y separación de la materia inorgánica.
 - Producir energía a partir de los residuos.
- *) La descripción del tratamiento de los gases de combustión, como fase que debe ser integrada en el proceso, figura en un documento específico (ver la hoja de datos "[Tratamiento de los gases de combustión](#)").

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Alimentos, jardines	
Papel, cartulina, cartón	X ⁴	Residuos domésticos mixtos	X	Residuos voluminosos	X ¹
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera	X ⁵	Residuos de construcción y demolición	X ¹
Aceites usados	X ⁶	Pinturas y barnices	X	Neumáticos	
Residuos peligrosos	X	En parte, solo fracciones combustibles			
Residuos específicos de producción y sectoriales	X	Materiales combustibles			
Otros tipos de residuos	X	Materiales combustibles			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Es necesario eliminar de los residuos los elementos interferentes gruesos (p. ej. trozos de metal grandes), el material de entrada no debe contener elementos radioactivos (¡control de entrada!) y puede ser necesario triturar previamente los residuos voluminosos.

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Parte del material contenido en la ceniza o la escoria de la incineración puede ser aprovechado con los tratamientos adecuados. La preparación comprende la separación de metales y la trituración/homogeneización de modo que el material sea apto para el uso en la construcción (p. ej. de carreteras).

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

Los residuos de la combustión (escoria, ceniza) son aptos para la deposición, pero las sustancias separadas en la depuración de los gases de combustión tienen que ser tratadas como residuos peligrosos y deben ser eliminados en instalaciones especiales, apropiadas y autorizadas para ese material. Se da preferencia al aprovechamiento en la atibación de minas o el almacenamiento subterráneo (ver la hoja de datos "[Vertedero para residuos peligrosos](#)")

Necesidad de tratamiento posterior

Los contingentes de material obtenido, destinados a una eliminación en vertederos de la categoría requerida, están sujetos a los procesos de tratamiento posterior habituales en aquellos.

- ⁴ Dar prioridad a la vías de recuperación de material y, dado el caso, las fases de preparación (mecánicas) necesarias para ello. La incineración en parrilla solo debería utilizarse para tratar los restos combustibles de esos residuos.
- ⁵ Verificar previamente la posibilidad de recuperar material (reciclado de madera) y anteponerlo en particular para las fracciones de madera usada inalterada, sin tratar. También son apropiados los procedimientos especiales de combustión de madera (mono-incineración).
- ⁶ Solo en proporciones bajas, verificar previamente y, dado el caso, dar prioridad a las opciones de tratamiento de material u otros métodos de aprovechamiento térmico (p. ej. la co-incineración industrial – ver la hoja de datos "[Co-incineración industrial](#)").

<p><u>Requisitos especiales de protección</u></p> <p>Los gases de escape de la incineración deben ser tratados y depurados de tal modo que no supongan ningún incremento del riesgo para la salud, no puedan tener efectos permanentes sobre bienes protegidos y el entorno y cumplan las disposiciones legales (ver las hojas de datos sobre "<u>Tratamiento de los gases de combustión</u>" y "<u>Directivas tecnológicas de la UE, en particular la directiva sobre las emisiones industriales</u>"). Al construir una planta incineradora de residuos es especialmente importante respetar una distancia mínima respecto a otras edificaciones como medida de protección contra el ruido.</p>	
<p><u>Riesgos potenciales para la salud</u></p> <p>La liberación de los gases de combustión sin tratar representa un elevado riesgo para la salud de la población colindante, pero ese riesgo puede prevenirse con eficacia mediante el uso de modernas tecnologías de depuración y la adopción de medidas de seguridad. Las plantas incineradoras equipadas con las tecnologías de tratamiento de los gases de combustión disponibles en la actualidad se consideran inocuas para la salud (ver la hoja de datos "<u>Tratamiento de los gases de combustión</u>").</p>	
<p>EFFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD</p>	
<p><u>Datos de las infraestructuras</u></p> <p>Para que la explotación de incineradoras de residuos sea rentable se necesita una capacidad mínima (aprox. 50.000 t/a). Son localizaciones idóneas los principales puntos de generación de residuos (es decir, especialmente también en las grandes ciudades o en sus inmediaciones). Por otra parte, la mayoría de los polígonos industriales disponen también de la infraestructura requerida, como buena conexión logística por carretera, ferrocarril o por vía fluvial o marítima, así como de posibilidades para el aprovechamiento de la electricidad o el vapor producidos. Debe tenerse en cuenta el aumento adicional de tráfico que implica.</p> <p><u>Datos climáticos:</u> no presenta requisitos ni limitaciones especiales</p> <p><u>Mecanismos de financiación adecuados</u></p> <p>La financiación de la incineración de residuos debería realizarse mediante el cobro de tasas a los productores de los residuos. Con un impuesto de incineración se promueve una separación para la incineración de solo aquellos residuos que no sean aprovechables ni reciclables.</p>	
<p>DETALLES TÉCNICOS</p>	
<p>SINOPSIS GENERAL</p>	
<p>DESCRIPCIÓN ABREVIADA</p>	<p>La incineración en parrilla es una de las técnicas más habituales utilizadas, en la forma caracterizada aquí, también para la incineración masiva de residuos urbanos e industriales sólidos mezclados y por el volumen de aplicación representa la técnica más utilizada en todo el mundo. Incluye la posibilidad de producir energía a partir de los residuos (en particular también la cogeneración). A diferencia de otras técnicas de incineración, los residuos son introducidos en la cámara de combustión sobre una parrilla.</p>
<p>REQUISITOS BÁSICOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad requerida del material entrante: <ul style="list-style-type: none"> - Valor calorífico: <ul style="list-style-type: none"> - 6MJ/kg hasta más de 12 MJ/kg con refrigeración de la parrilla por aire - 6MJ/kg hasta 25 MJ/kg con refrigeración de la parrilla por agua - Granulometría: < 300 mm en casos excepcionales hasta 1000 mm - Integración de un sistema para la depuración de los gases de escape (ver la hoja de datos "<u>Tratamiento de los gases de combustión</u>") - En un caso ideal debería disponerse de: <ul style="list-style-type: none"> - la posibilidad de suministrar el calor excedente (vapor o agua caliente), así como el frío remoto generado a compradores externos - como alternativa o complementariamente: conexión para el suministro de la electricidad a la red pública

<p>RESULTADOS ESPERADOS</p>	<p>Material obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - escoria - ceniza de caldera - gases de combustión <p>Requisitos de calidad del material obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escoria: C < 3 masa %, en los modernos sistemas la pérdida por ignición o TOC se sitúa por debajo de 0,5 masa %
<p>VENTAJAS ESPECIALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución del potencial contaminante y de reacción y la mayor reducción posible del volumen de los residuos a almacenar mediante una técnica fiable y probada (seguridad de eliminación). - Posibilidad de aprovechamiento del contenido energético de los residuos y producción de electricidad y calor/frío. - Recuperación de metales ferrosos y no ferrosos mediante el procesamiento de la ceniza y la escoria. - Tratamiento de las fracciones que contengan sustancias contaminantes y descarga de los ciclos de recuperación.
<p>DESVENTAJAS ESPECÍFICAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado coste de inversión (en particular para garantizar el cumplimiento de las exigencias de protección). - Puntuales problemas de aceptación por parte de la población colindante a los que se debe dar solución.
<p>DETALLES DE APLICACIÓN</p>	
<p>REALIZACIÓN TÉCNICA</p>	<p>En la incineración en parrilla, la carga de la parrilla con los residuos a incinerar y la combustión funcionan de forma continua durante las 24 horas del día, mientras el suministro de residuos es discontinuo (en general solo durante el día). Por esa razón, las plantas disponen siempre de un depósito subterráneo previo. Esto garantiza la disponibilidad de una reserva continua de material para el proceso y la mezcla de los residuos, con la consiguiente homogeneización (ajuste a un rango de valor calorífico aproximado) antes de la combustión.</p> <p>La combustión en el procedimiento en parrilla tiene lugar a temperaturas de 850–950°C. Al final de la parrilla, que se mueve lentamente, los restos de la combustión caen al sistema de extracción de escorias con baño de agua. Los gases producidos en el proceso de combustión son conducidos a la cámara de postcombustión, donde son quemados a temperaturas de 850 °C. A continuación el gas de escape es enfriado a 200–400 °C en la caldera de vapor. En general se produce vapor sobrecalentado (máx. 40 bares, 400 °C). El vapor puede ser utilizado para producir corriente eléctrica, vapor para el proceso o agua caliente para usos como calor a distancia.</p> <p>Actualmente son varios los sistemas de incineración en parrilla establecidos en el mercado. Las diferencias radican en la conducción de los gases de la combustión y el transporte de los residuos a la parrilla. Existen tres tipos principales de conducción de los gases.</p> <p>Imagen 2: Variantes de la conducción de los gases de escape</p>  <p>El diagrama ilustra tres configuraciones de la parrilla y su flujo de gases: <ul style="list-style-type: none"> Corriente directa: Muestra los residuos cayendo desde la parrilla hacia abajo, con los gases escapando directamente hacia arriba. Contra corriente: Muestra los residuos cayendo hacia abajo, pero los gases se dirigen hacia abajo a través del lecho de combustible antes de escapar hacia arriba. Corriente combinada: Muestra una configuración intermedia donde los gases fluyen hacia abajo y luego hacia arriba. Las etiquetas indican la 'Corriente crítica de gas' que se eleva desde el lecho de combustible, la 'Máxima temperatura' en la zona de combustión y el 'Lecho de combustible' mismo. </p>

	<p>La figura muestra la relación entre las direcciones de transporte de residuos y de los gases de la combustión para las variantes de corriente paralela, contracorriente y central.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Sistemas de corriente paralela</u> más apropiados para residuos con un alto valor calorífico (> 9 MJ/kg). El gas sin quemar por completo es obligado a pasar por la zona de máxima temperatura, produciendo una mejor combustión completa del gas y de la escoria. Este proceso permite prescindir de la cámara de postcombustión en un sistema técnico aparte. - <u>Sistemas de contracorriente</u> son mejores para residuos con valores caloríficos más bajos. La elevada temperatura del gas de escape facilita el secado y la combustión de los residuos. Un posible riesgo representa aquí la baja mezcla de los gases de escape, lo que hace indispensable una combustión posterior. - <u>Sistemas de corriente central</u> representan un compromiso adecuado para tratar residuos con un amplio espectro de valor calorífico. <p>El transporte de los residuos por las parrillas garantiza una buena mezcla y el paso por diferentes zonas de temperatura. Existen tres sistemas diferentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la <u>parrilla móvil de avance</u> las gradas móviles transportan los residuos. No se necesita un tramo de parrilla inclinado, aunque algunos fabricantes lo ofrecen. La velocidad de transporte puede aumentarse acelerando el movimiento de la parrilla. De este modo se puede controlar el tiempo de residencia en el horno y es posible adaptar el proceso a las fluctuaciones en la carga de la parrilla con residuos. La parrilla móvil es en la actualidad el sistema más utilizado en plantas nuevas. - En la <u>parrilla móvil contracorriente</u> se realiza el transporte de los residuos con ayuda de la fuerza de la gravedad. Se requiere una superficie apropiada, pues los residuos y la parrilla se mueven en direcciones contrarias. Los fondos de parrillas móviles contracorriente son apropiados, por ejemplo para residuos con humedad. <p>En los dos tipos de parrillas anteriores se puede utilizar gradas refrigeradas por agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En las <u>parrillas de rodillos</u> el transporte de los residuos tiene lugar mediante una combinación de gravitación por las superficies inclinadas de la parrilla y de movimiento de los rodillos. El movimiento de los rodillos transporta los residuos hacia adelante. Una rotación más rápida de los rodillos acelera el transporte, pero empeora la mezcla.
<p>FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL</p>	<p>Material entrante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - residuos urbanos - agua (generador de vapor, refrigeración), el consumo de agua fresca se sitúa en un mínimo de 1 m³/h por Mg caudal/h <p>Material obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 200–350 kg de escoria/Mg de material entrante - 25–40 kg cenizas/polvos de la caldera y de la depuración de los gases de escape por Mg de material entrante (fuente VDI 3460) - 4.500–6.000 m³ gases de escape//Mg de material entrante - agua (del generador de vapor)
<p>ÁMBITO DE APLICACIÓN</p>	<p>La capacidad necesaria para una explotación rentable se sitúa en un mínimo de 50.000 Mg/a = 6,5 Mg/h de rendimiento, las dimensiones máximas alcanzan los 225.000 Mg/a =30 Mg/h de rendimiento por línea, pero no existe límite para el número de líneas. Las incineradoras más grandes tienen en la actualidad capacidades totales de 800.000 a 1.000.000 Mg/a.</p> <p>Los nuevos sistemas de parrillas refrigerados por agua permiten ya la incineración de residuos mixtos de alto valor calorífico hasta unos 16 MJ/kg. En general, antes se mantenía el valor calorífico por debajo de 12 MJ/kg, pues de lo contrario la carga térmica en los sistemas de parrillas refrigerados por aire era excesiva, pudiendo dañar o reducir en gran medida la duración de la parrilla.</p>

<p>RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<p>La incineración en parrilla permite en principio todas las medidas y procesos de tratamiento previo de residuos. Por lo tanto sirve para el aprovechamiento energético y la mineralización de todas las sustancias combustibles que no pueden ser aprovechadas ni tratadas por otros métodos. Conviene aprovechar las sinergias con procedimientos o industrias cercanas que requieran una elevada demanda de energía térmica y se abastezcan de la incineradora o disponer de la posibilidad de un abastecimiento de carga básica a las redes de calor(frío) a distancia.</p> <p>En todos los casos es necesario combinar el proceso con un sistema de depuración de gases, pues los gases generados por la combustión presentan un alto contenido de sustancias nocivas para la salud (ver la hoja de datos "<u>Tratamiento de los gases de combustión</u>").</p>
<p>VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS</p>	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<p>Ejemplo de balance energético (fecha 2010, por <u>Alwast, Riemann</u>⁷)</p> <p>Material entrante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 % residuos urbanos - energía auxiliar, p. ej. gas natural < 3 % de los residuos urbanos entrantes <p>Material obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - gases de escape y pérdida por ignición: 18% - vapor: 82%, de este <ul style="list-style-type: none"> - 1,6% consumo propio de vapor - hasta un 29 % de electricidad, de este <ul style="list-style-type: none"> →81% suministro de corriente →19% consumo propio - hasta un 69 % de energía térmica residual <p>Ideal sería una producción y puesta a disposición combinada de energía eléctrica y térmica. Sin embargo, por regla general, un aumento del suministro de vapor para el aprovechamiento térmico conlleva una reducción del potencial de producción de energía eléctrica. Combinaciones típicas de plantas medias, p. ej.: 5 % corriente eléctrica más 35 % de energía térmica residual o 10 % de corriente eléctrica más 20 % de energía térmica residual Según la localización, con las modernas plantas de incineración se obtienen valores manifiestamente mejores.</p>
<p>RELEVANCIA PARA EL CO₂</p>	<p>- El porcentaje de componentes regenerativos en los residuos (en Europa una medida del 50 %) permite un balance positivo de CO₂ en comparación con la producción de energía a partir de combustibles fósiles.</p>
<p>MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS</p>	<p>- Fueloil o gas natural para el proceso de arranque y parada de la planta, así como para la combustión auxiliar.</p> <p>- Para la depuración de los gases de escape: Adsorbentes y otros reactivos (entre otros caliza y urea, ver detalles y cantidades en la hoja de datos <u>Tratamiento de los gases de combustión</u>)</p>
<p>RECURSOS HUMANOS</p>	<p>- Para el funcionamiento de 24h/7 días se requieren al menos 15 personas cualificadas por línea y día, incluidos al menos 1 ingeniero y 2 jefes de equipo, además del personal administrativo y de control de acceso. La cantidad de líneas determina la demanda de personal menos que la técnica de depuración de gases instalada.</p> <p>- Sobre todo se necesita personal especialmente cualificado para la dirección técnica.</p>

⁷ Mejora de las calidades relevantes para el medio ambiente de las escorias producidas en las incineradoras de residuos, textos 50/2010, Umweltbundesamt (editor), <http://www.uba.de/uba-info-medien/4025.html>.

DEMANDA DE SUPERFICIE	<p>La superficie mínima requerida se sitúa en un rango de aprox.:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10.000 m² para un rendimiento de 50.000 Mg/a o - 30.000 m² para un rendimiento de 200.000 Mg/a o
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Varían en función del proceso aplicado y pueden situarse para una planta de nueva construcción entre aprox. 50 millones y 200 millones de euros (o superior). La media en los costes de inversión específicos en una comparación de 10 plantas, con fecha de construcción nueva a partir de 2005, ascendieron en Alemania de aprox. 350 EUR/Mg de rendimiento anual hasta 600 EUR/Mg de rendimiento anual (incluido el tratamiento de los gases de escape). <p>La documentación citada más abajo suministra otros valores comparativos.</p>
COSTES DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - La oscilación de estos costes es en parte muy fuerte y, en Alemania, se situaron en el año 2010 entre 34 EUR/Mg y 102 EUR/Mg, en una comparación de 6 plantas incineradoras. - Reparaciones y mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> - para cada componente aprox. 1 % de los costes de inversión/a - máquinas y electrotecnia aprox. 3-4 % de los costes de inversión/a - Personal: dependen del mercado de trabajo local <p>La documentación citada más abajo suministra otros valores comparativos.</p>
POSIBILIDAD DE INGRESOS	<ul style="list-style-type: none"> - Mediante el abastecimiento de redes de corriente eléctrica y vapor o agua caliente
COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA	<ul style="list-style-type: none"> - Rango de referencia entre 80 y 150 EUR/Mg (incluido el tratamiento de los gases de escape) - Grandes capacidades de incineración, una sencilla depuración de los gases de escape y la posibilidad de obtener ingresos con la electricidad y el vapor producidos mejoran, en general, el balance de costes.
OTROS DETALLES	
SINOPSIS DEL MERCADO	
APLICACIONES DE REFERENCIA	<p>La incineración de residuos sólidos urbanos con las técnicas de parrilla está muy extendida en todo el mundo. Solo en Alemania existen cerca de 100 plantas (fecha 2016) que queman residuos con ayuda de esta técnica de incineración. Ejemplos seleccionados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Magdeburg Rothensee (650.000 Mg/a, 4 líneas) www.mhkw-rothensee.de - Hamburg Borsigstraße (320.000 Mg/a; 2 líneas) www.mvr-hh.de - TREA Breisgau (175,000 Mg/a, 1 línea) www.eew-energyfromwaste.com <p>A gran escala se utilizan plantas con esta técnica también en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Francia, Suiza, Países Bajos, Austria, Italia, China, Japón y Escandinavia.
FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS	<p>Fabricantes de sistemas y componentes para plantas o de plantas completas con incineración en parrilla son, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik, München www.martingmbh.de - Steinmüller - Babcock Environment GmbH, Gummersbach www.steinmueller-babcock.com - Oschatz GmbH www.oschatz.com - Hitachi Zosen Inova Kraftwerkstechnik GmbH, Landsberg www.hz-inova.com <p><i>(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)</i></p>

OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Documentos de referencia disponibles, por ejemplo, como:

VDI 3460 y la hoja informativa BVT sobre las mejores tecnologías disponibles de incineración de residuos / Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration

Se puede obtener otros datos y listas de plantas relevantes a través de:

- ITAD – Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. www.itad.de
- CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants www.cewep.com

TRATAMIENTO TÉRMICO DE RESIDUOS – INCINERACIÓN DE LECHO FLUIDIZADO*)

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN	<p>-Reducir el volumen y el potencial de riesgo de los residuos a depositar a través de la mineralización, la destrucción de gran parte de la materia orgánica nociva y separación de la materia inorgánica.</p> <p>-Producir energía a partir de los residuos.</p> <p>*) La descripción del tratamiento de los gases de combustión, como fase que debe ser integrada en el proceso, figura en un documento específico (ver la hoja de datos "Tratamiento de los gases de combustión").</p>
-------------------------------	---

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Alimentos, jardines	
Papel, cartulina, cartón		Residuos domésticos mixtos	X	Residuos voluminosos	X ⁸
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera	X ⁹	Residuos de construcción y demolición	X ¹
Aceites usados	X ¹⁰	Pinturas y barnices	X	Neumáticos	
Residuos peligrosos	X	En parte, solo fracciones combustibles			
Residuos específicos de producción y sectoriales	X	Materiales combustibles apropiados, mezclas especialmente menudas (p. ej. rechazos de la industria papelera)			
Otros tipos de residuos	X	Materiales combustibles apropiados, en especial fangos de depuración previamente deshidratados o secados			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Es necesario eliminar de los residuos los elementos interferentes gruesos (p. ej. trozos de metal grandes), el material de entrada no debe contener elementos radioactivos (¡control de entrada!) y debe ser triturado a la granulometría necesaria para el lecho fluidizado.

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Parte del material contenido en la ceniza o la escoria de la incineración puede ser aprovechado con los tratamientos adecuados. Sin embargo, las aplicaciones son limitadas en comparación con la ceniza de la incineración en parrilla (ver la hoja de datos "[Incineración en parrilla](#)").

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

Los residuos de la combustión (escoria, ceniza) son aptos para la deposición, pero las sustancias separadas en el tratamiento de los gases de combustión tienen que ser tratadas como residuos peligrosos y deben ser eliminados en instalaciones especiales, apropiadas y autorizadas para ese material. Se da preferencia al aprovechamiento en la atibación de minas o el almacenamiento subterráneo (ver la hoja de datos "[Vertedero para residuos peligrosos](#)")

Necesidad de tratamiento posterior

Los contingentes de material obtenido, destinados a una eliminación en vertederos de la categoría requerida, están sujetos a los procesos de tratamiento posterior habituales en aquellos.

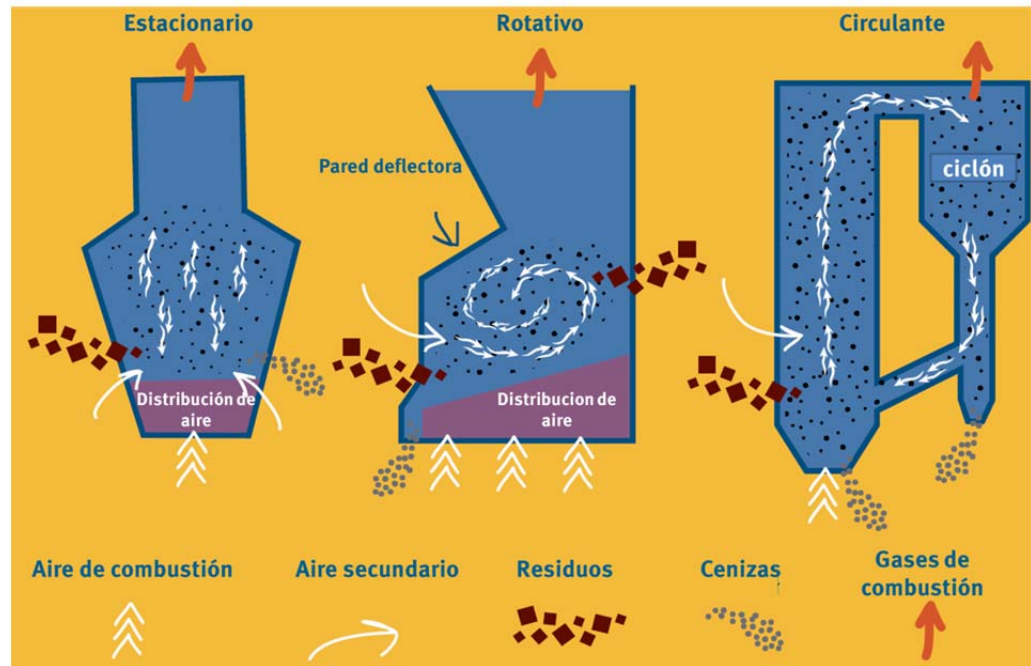
- ⁸ Dar prioridad a la vías de recuperación de material y, dado el caso, las fases de preparación (mecánicas) necesarias para ello. La incineración de lecho fluidizado solo debería utilizarse para tratar los restos combustibles de esos residuos.
- ⁹ Verificar previamente la posibilidad de recuperar material (reciclado de madera) y anteponerlo en particular para las fracciones de madera usada inalterada, sin tratar. También son apropiados los procedimientos especiales de combustión de madera (mono-incineración).
- ¹⁰ Solo en proporciones bajas, verificar previamente y, dado el caso, dar prioridad a las opciones de tratamiento de material u otros métodos de aprovechamiento térmico (p. ej. la co-incineración industrial – ver la hoja de datos "[Co-incineración industrial](#)").

<p>Requisitos especiales de protección</p> <p>Los gases de escape de la incineración deben ser tratados y depurados de tal modo que no supongan ningún incremento del riesgo para la salud, no puedan tener efectos permanentes sobre bienes protegidos y el entorno y cumplan las disposiciones legales (ver las fichas técnicas sobre "<u>Tratamiento de los gases de combustión</u>" y "<u>Directivas tecnológicas de la UE, en particular la directiva sobre las emisiones industriales</u>"). Al construir una planta incineradora de residuos es especialmente importante respetar una distancia mínima respecto a otras edificaciones como medida de protección contra el ruido.</p> <p>Riesgos potenciales para la salud</p> <p>La liberación de los gases de combustión sin tratar representa un elevado riesgo para la salud de la población colindante, pero ese riesgo puede prevenirse con eficacia mediante el uso de modernas tecnologías de depuración y la adopción de medidas de seguridad. Las plantas incineradoras equipadas con las tecnologías de tratamiento de los gases de combustión disponibles en la actualidad se consideran inocuas para la salud (ver la hoja de datos "<u>Tratamiento de los gases de combustión</u>").</p>	
<p>EFFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD</p>	
<p>Datos de las infraestructuras</p> <p>Para que la explotación de incineradoras de residuos sea rentable se necesita una determinada capacidad mínima (por regla general varias decenas de miles de Mg por año). Desde ese punto de vista, los polígonos industriales ofrecen una localización apropiada para esa tecnología. Por otra parte, la mayoría de los polígonos industriales disponen también de la infraestructura requerida, como buena conexión logística por carretera, ferrocarril o por vía fluvial o marítima, así como de posibilidades para el aprovechamiento de la electricidad o el vapor producidos. Debe tenerse en cuenta el aumento adicional de tráfico que implica.</p> <p>Datos climáticos: no presenta requisitos ni limitaciones especiales</p> <p>Mecanismos de financiación adecuados</p> <p>La financiación de la incineración de residuos debería realizarse mediante el cobro de tasas a los productores de los residuos. Con un impuesto de incineración se promueve una separación para la incineración de solo aquellos residuos que no sean aprovechables ni reciclables.</p>	
<p>DETALLES TÉCNICOS</p>	
<p>SINOPSIS GENERAL</p>	
<p>DESCRIPCIÓN ABREVIADA</p>	<p>La incineración de lecho fluidizado es una tecnología especialmente eficiente y poco contaminante para incineradoras. En este procedimiento se expone el material combustible (en este caso los residuos) a una corriente ascendente de aire de combustión. El resultado es una mezcla turbulenta de gases y sólidos (lecho fluidizado). La turbulencia mejora la eficacia de las reacciones químicas y la transmisión de calor. La incineración de lecho fluidizado ha sido desarrollada, entre otras razones, para controlar las emisiones contaminantes hasta el punto de minimizar, e incluso poder prescindir, de las costosas medidas de depuración como un lavador. El empleo de esta tecnología es habitual especialmente para la incineración de los fangos de depuración (ver también la hoja de datos "<u>Tratamiento de los fangos de depuración</u>") y está muy extendida para el aprovechamiento de combustibles sólidos recuperados (CSR).</p>
<p>REQUISITOS BÁSICOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso debe estar ajustado a temperaturas inferiores al límite de fusión de la ceniza y de generación de óxidos de nitrógeno contaminantes. - El tratamiento previo de los residuos debe estar dirigido a obtener un combustible finamente dividido (aprox. 50 mm) con propiedades físicas relativamente constantes. - El valor calorífico del material entrante puede ascender hasta 20 MJ/kg para la incineración por lecho fluidizado estacionario y hasta 35 MJ/kg para la incineración de lecho fluidizado circulante.
<p>RESULTADOS ESPERADOS</p>	<p>Material obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ceniza con más o menos escoria (porcentaje de carbono en torno a 0,5 % o con un porcentaje de partículas combustibles < 0,5 masa %) - polvo de caldera

	<ul style="list-style-type: none"> - gases de combustión - baja producción de NO_x y baja unión de metales pesados en las cenizas como resultado de la comparablemente baja temperatura del proceso.
<p>VENTAJAS ESPECIALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso es menos sensible a las oscilaciones en el valor calorífico del combustible y puede ser aplicado especialmente para la incineración de lodos y materiales pastosos. - Gracias a la combustión con menos temperatura se generan menos sustancias nocivas y, por lo tanto, apenas es necesario desnitrificar los gases de la combustión. - Buena combustión completa - La tecnología está diseñada para combustibles con elevadas potencias caloríficas (hasta 1000 MW_{th} en el lecho fluidizado circulante) y un elevado valor calorífico del material entrante (hasta 35 MJ/kg en el lecho fluidizado circulante). - La inversión de capital es, en general, inferior en comparación con otras técnicas.
<p>DESVENTAJAS ESPECÍFICAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso se caracteriza por una menor capacidad operativa en comparación con otras técnicas. - Desgaste relativamente alto en la cámara de combustión y en la caldera por la gran cantidad de materiales abrasivos (arena) en el lecho fluidizado. - Menos cantidad de metales pesados ligados en la ceniza. - Eventual riesgo de formación de gas hilarante en el flujo de emisiones. - Puntuales problemas de aceptación por parte de la población colindante a los que se debe dar solución.
<p>DETALLES DE APLICACIÓN</p>	
<p>REALIZACIÓN TÉCNICA</p>	<p>En la incineración de lecho fluidizado se forma una masa de residuos finamente divididos y material inerte en un lecho fluidizado que es incinerada a temperaturas comparablemente bajas de 750–850°C. El prolongado tiempo de residencia, las elevadas superficies específicas y una buena transmisión térmica producen una buena combustión completa (porcentaje residual de carbono < 0,5 masa %). La temperatura de combustión se sitúa por debajo del límite de generación de óxidos de nitrógeno, con una comparablemente menor producción de NO_x, si bien hay que tener en cuenta la formación de gas hilarante.</p> <p>La baja temperatura del proceso evita la fusión de la ceniza, por lo que el volumen de metales pesados en la ceniza es muy reducido. La turbulencia en el lecho fluidizado provoca, a su vez, un contacto del gas de combustión con el absorbente de azufre (caliza, dolomita). De ese modo se puede ligar en el absorbente un elevado porcentaje del azufre dentro de la caldera.</p> <p>Los sistemas de incineración por lecho fluidizado se dividen en dos grupos principales básicos: el sistema atmosférico (Fluidised Bed Combustion – FBC) y el sistema bajo presión (Pressurised Fluidised Bed Combustion – PFBC). Este último trabaja con una elevada presión y genera una corriente de aire de alta presión que hace posible el funcionamiento de una turbina de gas. El vapor generado por el lecho fluidizado es conducido a una turbina de vapor. El proceso forma así un circuito combinado altamente eficiente.</p> <p>Básicamente hay tres tipos de sistemas de lecho fluidizado diferenciados por el tipo de conducción de los gases de escape:</p> <ul style="list-style-type: none"> - lecho fluidizado estacionario - lecho fluidizado rotativo - lecho fluidizado circulante <p>En el <i>lecho fluidizado estacionario</i> la altura del lecho es constante. Básicamente no hay transporte diagonal en el lecho fluidizado. El lecho fluidizado estacionario se emplea con frecuencia para incinerar fangos de depuración. Es especialmente apropiado para la combustión de residuos con bajo valor calorífico (6,5 a 13 MJ/kg). También es posible la combustión de residuos con valores superiores (hasta 18 MJ/kg) si se dan determinadas condiciones.</p>

En el *lecho fluidizado rotativo* el lecho también es fijo. La rotación en su propio eje produce una mezcla diagonal. El lecho fluidizado rotativo es apropiado para residuos con elevado valor calorífico (de 7 a un máximo de 20 MJ/kg). También es apto para incinerar lodos.

Figura 3: Variantes de la conducción del gas de combustión en la incineración de lecho fluidizado



En el *lecho fluidizado circulante* la altura del lecho no es constante. La elevada velocidad del aire expulsa del horno la ceniza y la arena del lecho fluidizado. Un ciclón filtra ese material del lecho que, en general, es conducido de nuevo a la cámara de combustión. La elevada turbulencia o velocidad del aire permite el uso de residuos de elevada potencia calorífica.

FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL

- Material entrante:
- residuos sólidos y pastosos
 - arena y material inerte
 - agua (generador de vapor), el consumo de agua fresca se sitúa en un mínimo de 1 m³/h por Mg rendimiento/h
- Material obtenido:
- 200 a 250 kg de ceniza/Mg de material entrante
 - 50 a 100 kg de ceniza del ciclón/Mg de material entrante
 - 5 a 20 kg de ceniza de la caldera/Mg de material entrante
 - 4.500 a 5.500 m³ gases de escape//Mg de material entrante
 - agua (del generador de vapor)

ÁMBITO DE APLICACIÓN

- Por el momento esta tecnología se ofrece normalmente para rlos siguientes rangos de capacidad:
- a partir de 4 Mg/h hasta aprox. 150.000 Mg por línea y año para fracciones de CSR
 - aprox. 5.000–75.000 Mg de MS por año para fangos de depuración e industriales

RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	<p>La incineración de lecho fluidizado sirve sobre todo también para el tratamiento térmico de materiales combustibles que no puedan ser tratados por otros métodos (p. ej. residuos < 30 mm, fango). En principio puede ser combinada con todas las medidas y procesos previos de tratamiento de residuos. Conviene crear sinergias con otros procedimientos que requieran una elevada demanda de energía térmica (p. ej. fábricas de papel que, a cambio, pueden aprovechar gran parte de sus residuos del proceso en tales plantas). Como alternativa, al menos debería existir la posibilidad de abastecer otros usos externos con el calor residual (vapor o agua caliente) o la red eléctrica con la energía producida. En todos los casos es necesario combinar el proceso con un sistema de depuración de los gases de combustión (ver la hoja de datos "<u>Tratamiento de los gases de combustión</u>").</p>																								
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS																									
BALANCE ENERGÉTICO	<p>Balance en base a un ejemplo (fecha 2010)</p> <p>Material entrante:</p> <ul style="list-style-type: none"> - combustible (residuos), energía auxiliar, p. ej. gas natural < 3 % del material combustible entrante <p>Material obtenido:</p> <ul style="list-style-type: none"> - energía eléctrica; eficacia productiva, deduciendo el consumo propio, de hasta un 20 % - energía térmica; eficacia productiva de hasta un 60 % <p>Ideal sería una producción y puesta a disposición combinada de energía eléctrica y térmica. Sin embargo, por regla general, un aumento del suministro de vapor para el aprovechamiento térmico conlleva una reducción del potencial de producción de energía eléctrica.</p> <p>Cuadro 2: Ejemplo de flujos de energía en una planta de mono-incineración de fangos de depuración con la técnica de lecho fluidizado (fuente: Franck, Monoverbrennung von Klärschlamm, 2015)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #333; color: white;"> <th>Parámetro</th> <th>Unidad</th> <th colspan="2">Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rendimiento</td> <td>Mg_{MS}/año</td> <td>35.000</td> <td>2.000</td> </tr> <tr> <td>Pre calentamiento aire</td> <td>°C</td> <td>120</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>Potencia de salida turbina</td> <td>MW_{el}</td> <td>1,4</td> <td>–</td> </tr> <tr> <td>Suministro de corriente turbina, neto</td> <td>MW_{el}</td> <td>0,4</td> <td>–</td> </tr> <tr> <td>Consumo de energía secado</td> <td>MW_{th}</td> <td>7,0</td> <td>0,430</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Unidad	Valor		Rendimiento	Mg _{MS} /año	35.000	2.000	Pre calentamiento aire	°C	120	200	Potencia de salida turbina	MW _{el}	1,4	–	Suministro de corriente turbina, neto	MW _{el}	0,4	–	Consumo de energía secado	MW _{th}	7,0	0,430
Parámetro	Unidad	Valor																							
Rendimiento	Mg _{MS} /año	35.000	2.000																						
Pre calentamiento aire	°C	120	200																						
Potencia de salida turbina	MW _{el}	1,4	–																						
Suministro de corriente turbina, neto	MW _{el}	0,4	–																						
Consumo de energía secado	MW _{th}	7,0	0,430																						
RELEVANCIA PARA EL CO₂	<p>- El porcentaje de componentes regenerativos en los residuos (en Europa una medida del 50 %) permite un balance positivo de CO₂ en comparación con la producción de energía a partir de combustibles fósiles.</p>																								
MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS	<ul style="list-style-type: none"> - Arena - Cal viva - Coque de horno de solera - Fueloil o gas natural para el proceso de arranque y para la combustión auxiliar 																								
RECURSOS HUMANOS	<ul style="list-style-type: none"> - Para el funcionamiento de 24h/7 días se requieren al menos 10–15 personas cualificadas por línea y día, incluidos al menos 1 ingeniero y 2 jefes de equipo, además del personal administrativo y de control de acceso. - Sobre todo se necesita personal especialmente cualificado para la dirección técnica. 																								
DEMANDA DE SUPERFICIE	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie requerida oscila, en función de la capacidad de la planta, entre aprox. 5.000 y 10.000 m². 																								

VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES																			
COSTES DE INVERSIÓN	<p>Para plantas de mono-incineración de fangos de depuración con la tecnología de lecho fluidizado a escala industrial se calcula un coste de inversión específico de 180–400 EUR/MgMS aproximadamente. La tabla siguiente ofrece una relación de los costes de inversión de una planta grande y otra pequeña para la incineración de fangos de depuración con la técnica de incineración en lecho fluidizado.</p> <p>Cuadro 3: Costes de inversión para la incineración con lecho fluidizado de fangos de depuración (fuente: Franck, Schröder: Viabilidad de una pequeña planta de incineración de fangos de depuración, 2015)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #4CAF50; color: white;">Parámetro</th> <th style="background-color: #4CAF50; color: white;">Planta grande</th> <th style="background-color: #4CAF50; color: white;">Planta pequeña</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Capacidad anual</td> <td>35.000 Mg_{MS}/a</td> <td>2.000 Mg_{MS}/a</td> </tr> <tr> <td>Tecnología de procesos</td> <td>24.150.000 EUR</td> <td>3.590.000 EUR</td> </tr> <tr> <td>Tecnología de construcción</td> <td>5.150.000 EUR</td> <td>880.000 EUR</td> </tr> <tr> <td>Técnica E-MSR</td> <td>2.250.000 EUR</td> <td>1.130.000 EUR</td> </tr> <tr> <td>Costes accesorios</td> <td>3.200.000 EUR</td> <td>1.000.000 EUR</td> </tr> </tbody> </table>	Parámetro	Planta grande	Planta pequeña	Capacidad anual	35.000 Mg _{MS} /a	2.000 Mg _{MS} /a	Tecnología de procesos	24.150.000 EUR	3.590.000 EUR	Tecnología de construcción	5.150.000 EUR	880.000 EUR	Técnica E-MSR	2.250.000 EUR	1.130.000 EUR	Costes accesorios	3.200.000 EUR	1.000.000 EUR
Parámetro	Planta grande	Planta pequeña																	
Capacidad anual	35.000 Mg _{MS} /a	2.000 Mg _{MS} /a																	
Tecnología de procesos	24.150.000 EUR	3.590.000 EUR																	
Tecnología de construcción	5.150.000 EUR	880.000 EUR																	
Técnica E-MSR	2.250.000 EUR	1.130.000 EUR																	
Costes accesorios	3.200.000 EUR	1.000.000 EUR																	
COSTES DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Estos costes varían según el precio del combustible (fueloil) en el mercado y los respectivos costes de personal. - Como valor orientativo se calcula, para los ejemplos de la tabla 1, un coste anual de operación de 5,5 millones de euros (planta grande 35.000 Mg/a) o cerca de 1 millón de euros (planta pequeña 2.000 Mg/a). - Reparaciones y mantenimiento: -para cada componente aprox. 1 % de los costes de inversión/a - máquinas y electrotecnia aprox. 3–4 % de los costes de inversión/a 																		
POSIBILIDAD DE INGRESOS	<ul style="list-style-type: none"> - Venta de la corriente eléctrica y vapor o agua caliente. 																		
COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA	<p>El coste se sitúa en los mismos niveles que para la incineración en parrilla. La menor necesidad de desnitrificación puede facilitar un posible ahorro. Sin embargo, el mayor desgaste y, en parte, el tratamiento previo necesario del material a incinerar pueden incrementar el coste. La incineración de lecho fluidizado, en particular, de materiales finos como fango secado u otro material < 30 mm del tratamiento mecánico-biológico puede suponer un ahorro de costes de hasta el 20-30 % en comparación con la incineración en parrilla (ver la hoja de datos "<u>Incineración en parrilla</u>"). Ejemplos de costes en Alemania:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incineración de fangos secados o materiales <30mm: 80 a 120 EUR/Mg - Grandes capacidades de incineración, una sencilla depuración de los gases de escape y la posibilidad de obtener ingresos con la electricidad y el vapor producidos mejoran, en general, el balance de costes. 																		
OTROS DETALLES																			
SINOPSIS DEL MERCADO																			
APLICACIONES DE REFERENCIA	<p>La incineración por lecho fluidizado está muy extendida para la eliminación de residuos apropiados, fangos de depuración y en particular de combustibles sólidos recuperados. Alemania dispone ya de plantas incineradoras con la tecnología de lecho fluidizado con una capacidad superior a los 2 millones de Mg anuales. Ejemplos seleccionados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incineradora de TEV Neumünster: lecho fluidizado circulante, capacidad anual de 150.000 Mg - Planta para CSR en el polígono industrial de Höchst www.infraserv.com 																		

<p>FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS</p> <p><i>(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)</i></p>	<p>Reconocidos fabricantes y productores de piezas o de plantas completas con la tecnología de lecho fluidizado son:</p> <ul style="list-style-type: none">- Eisenmann SE, Böblingen www.eisenmann.com- Küttner GmbH & Co. KG www.kuettner.de- Strabag Umwelttechnik GmbH www.strabag.de
<p>OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA</p>	
<p>Documentos de referencia disponibles, por ejemplo, como:</p> <p><u>VDI 3460 y la hoja informativa BVT sobre la mejores tecnologías disponibles de incineración de residuos / Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration</u></p> <p>Se puede obtener otros datos y listas de plantas relevantes a través de:</p> <ul style="list-style-type: none">- ITAD – Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V. www.itad.de- CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants www.cewep.com	

TRATAMIENTO DE GASES DE COMBUSTIÓN (EN PARTICULAR DE LOS GASES DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS)

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN

-Reducir las emisiones de sustancias contaminantes, generadas por la incineración de residuos, mediante el tratamiento de los gases de la combustión (ver también las hojas de datos sobre los diferentes procesos de incineración "[Co-incineración industrial](#)", "[Incineración en parrilla](#)", "[Incineración de lecho fluidizado](#)")

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Alimentos, jardines	
Papel, cartulina, cartón		Residuos domésticos mixtos		Residuos voluminosos	
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera		Residuos de construcción y demolición	
Aceites usados		Pinturas y barnices		Neumáticos	
Residuos peligrosos					
Residuos específicos de producción y sectoriales					
Otras sustancias aptas para el tratamiento	X	Gases de la incineración de residuos			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Los gases generados en los procesos de incineración de residuos requieren tratamiento como medida de protección contra emisiones contaminantes, por lo tanto, la depuración de los gases de combustión es un componente indispensable en los procesos.

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Parte de los residuos generados por el tratamiento de los gases de combustión pueden ser reciclados (p. ej. como yeso FGD).

Posibilidades de eliminación y deposición del material obtenido

La parte principal del material extraído y residual tras la depuración de los gases tiene que ser depositado en vertederos para residuos peligrosos, principalmente en vertederos subterráneos. (Ver la hoja de datos "[Vertedero para residuos peligrosos](#)").

Necesidad de tratamiento posterior

Todos los productos de reacción, tanto de procedimientos secos y semihúmedos -que contienen sustancias tóxicas problemáticas y que pueden ser lixiviadas (metales pesados, dioxinas/furano, PAH)-, como de los procedimientos húmedos están sujetos a un coste adicional de posttratamiento debido a la necesidad de tratamiento adecuado o de eliminación en vertederos subterráneos o para la atibación de minas (ver la hoja de datos "[Vertedero para residuos peligrosos](#)")

Requisitos especiales de protección

Por regla general, los componentes de los gases y los residuos, obtenidos en el tratamiento de los gases de combustión, presentan un alto contenido de sustancias tóxicas, lo que hace indispensables medidas de protección especiales (p. ej. encapsulamiento, inmovilización) para su tratamiento o deposición.

EFFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD

El tratamiento de gases de combustión es concomitante a los procesos de incineración de residuos; por lo tanto, los respectivos factores de influencia externos y las restricciones figuran en las distintas hojas de datos (ver también las hojas de datos de los distintos procesos "[Co-incineración industrial](#)", "[Incineración en parrilla](#)", "[Incineración de lecho fluidizado](#)").

DETALLES TÉCNICOS

SINOPSIS GENERAL

DESCRIPCIÓN
ABREVIADA

Los sistemas de tratamiento de los gases de combustión sirven para disminuir el potencial de riesgo de emisiones y para reducir la mayor cantidad posible de las sustancias contaminantes generadas en los procesos de incineración de residuos. Contaminantes del aire típicos en las plantas de tratamiento térmico de residuos:

- sustancias tóxicas particuladas (polvo)
- monóxido de carbono (CO)
- óxidos de nitrógeno (NO_x)
- óxidos de azufre (SO_x),
- halogenuros de hidrógeno (HCl, HF),
- contaminantes orgánicos (p. ej. PCDD/F)
- metales pesados (p. ej. Hg, Cd, As)

Los sistemas de tratamiento de los gases de combustión están conectados al sistema de conducción de gases de las plantas incineradoras. Se distingue entre sistemas de tratamiento de gases secos, semihúmedos y húmedos; estos, a su vez, pueden trabajar sin generar aguas residuales y con producción de aguas residuales. El tratamiento de los gases de combustión consiste básicamente en separar las partículas y los componentes ácidos del gas con ayuda de sistemas de precipitación y de técnicas para reducir los óxidos de nitrógeno. Algunos de los sistemas técnicos son: filtros de tejido y precipitadores electrostáticos, torres de atomización, lavadores de gases y catalizadores, a través de los cuales se hace pasar los gases generados en la incineración de los residuos.

REQUISITOS
BÁSICOS

Los sistemas de tratamiento de los gases tienen que utilizar técnicas homologadas y estar integrados en la autorización de la planta. En las plantas operadas en Europa, los gases de combustión tratados no pueden superar los límites marcados por la directiva europea de emisiones industriales (ver la hoja de datos "Regulaciones tecnológicas") como requisito mínimo.

Tabla 4: Valores límite para los gases de combustión

Parámetro	Media diaria en mg/Nm ³ seco (11 % vol. O ₂ seco)
Polvo total	10
TOC	10
HCL	10
HF	1
SO _x	50
NO _x	200-400
CO	50
Hg / suma de Cd + Tl	0,05 / 0,05
Suma de Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	0,5
Dioxinas y furanos	0,1 ngl-TEQ/Nm ³ seco (11 % vol. O ₂ seco)

RESULTADOS
ESPERADOS

- Gases depurados que cumplan las especificaciones (ver p. ej. tabla 1), que puedan ser evacuados por la chimenea sin que quepa esperar efectos negativos para las personas y el medio ambiente.
- Sustancias residuales a eliminar en función de su carga contaminante:
 - ceniza de la caldera y partículas filtradas
 - productos de reacción generados por precipitación de componentes ácidos
 - lodos con carga de metales pesados (de los procedimientos de lavado húmedos)
 - absorbentes cargados (p. je. carbono activo)
 - yeso FGD

VENTAJAS ESPECIALES	- El tratamiento de los gases de combustión hace posible la compatibilidad medioambiental de la incineración de residuos. Mejora la aceptación de la incineración por parte de la población y permite su instalación como opción para el tratamiento de los residuos a gran escala y, al mismo tiempo, como opción para la producción de energía.
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	- El tratamiento de los gases es un proceso caro que conlleva un intenso tratamiento posterior.

DETALLES DE APLICACIÓN

REALIZACIÓN TÉCNICA	<p>Los sistemas de tratamiento de los gases de combustión se centran sobre todo en reducir las emisiones contaminantes del aire y en separar del flujo de gas las sustancias nocivas, enumeradas a continuación, de modo que puedan cumplir los estándares legales, por ejemplo de la UE. Para ello, los sistemas de tratamiento de los gases están conectados directamente con la planta incineradora, como se muestra en la imagen 1.</p> <p>Son muchas las combinaciones posibles de los procedimientos y técnicas de tratamiento presentados a continuación. Ese abanico de posibilidades permite elegir la cadena de procesos que mejor se ajuste al combustible, la ubicación y las especificaciones técnicas o los factores económicos de cada caso.</p>
----------------------------	---

Figura 4: Ejemplo de una incineración con tratamiento de los gases de combustión

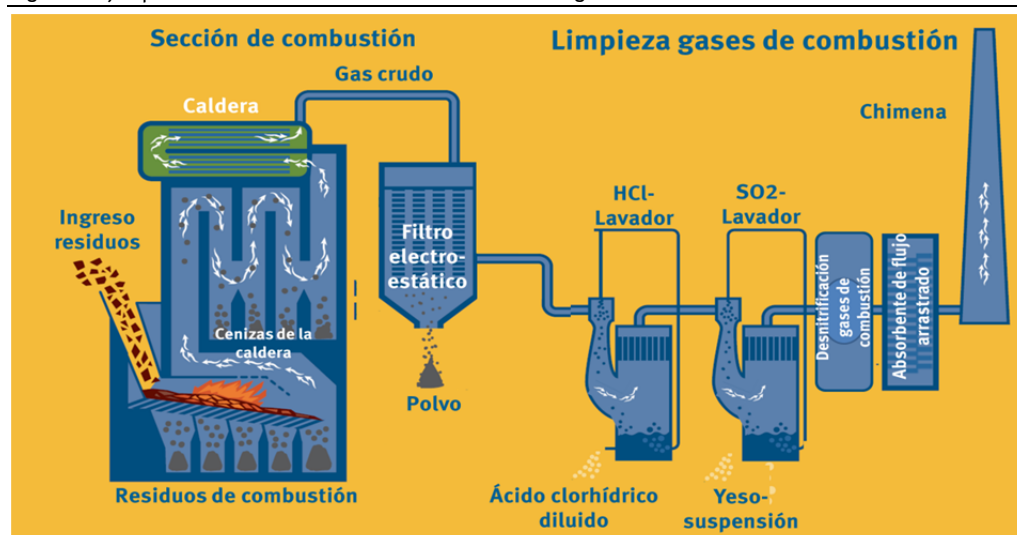


Tabla 5: Concentraciones de contaminantes en el gas bruto de la incineración (Thomé-Kozmiensky, Löschau, 2014¹¹)

Contaminante	Concentración en el gas bruto de la incineración de residuos domésticos en plantas modernas [mg/Nm³ seco]	
	Banda de fluctuación	Media diaria
Polvo	800–5.000	2.500
HCl	200–2.500	1.500
HF	2–100	15
SO ₂	200–1.000	600
Metales pesados	1–35	1–35
NO	Incineración de lecho fluidizado 180–250 Incineración en parrilla <450	Incineración en parrilla 350
Dioxinas/furanos	1–3 ng TEQ	2 ng TEQ

¹¹ Protección contra emisiones, tomo 4º Editorial TK Neuruppin, 2014

A continuación se exponen los modos de separación de las sustancias contaminantes enumeradas en la tabla 2.

a) Polvo

El polvo contiene principalmente metales pesados volátiles, así como grandes cantidades de compuestos orgánicos. El contenido de dioxinas y furanos es especialmente elevado. Para separar el polvo se utilizan principalmente filtros de tejido y precipitadores electrostáticos. En algunos casos se aplican también separadores inerciales (separación por gravedad, ciclones, multiciclones) para la eliminación previa de partículas y lavadores húmedos (Venturi). La tabla siguiente ofrece un resumen de las características principales de los procedimientos.

Tabla 6: Características de diferentes procedimientos de eliminación de polvo (Thomé-Kozmiensky, Löschau, 2014¹)

Procedimiento	Grado de eliminación total realizable	Contenido realizable de polvo en el gas limpio	Tamaño de partículas separables x_p	Aplicación
Unidad	%	mg/Nm ³ seco	μm	-
Separador por gravedad	<60	1.000	>10	Eliminación previa de partículas gruesas
Separador centrífugo Ciclón/multiciclón	80/95	300/150	>5/>5	Eliminación previa de partículas gruesas
Precipitador electrostático seco	80–99,9	25	>1	Eliminación de polvo
Precipitador electrostático húmedo	90–99,9	<5	>0,05	Polvo fino y aerosoles
Procedimiento	Grado de eliminación total realizable	Contenido realizable de polvo en el gas limpio	Tamaño de partículas separables x_p	Aplicación
Unidad	%	mg/Nm ³ seco	μm	
Filtro separador Filtro de tejido	>99,9	<2	>0,1	Eliminación de polvo
Separador húmedo Lavador con Venturi	>99,9	<5	>0,05	Polvo fino y aerosoles

b) Gases ácidos nocivos HCl, SO₂, HF

HCl, SO₂ y HF pueden ser eliminados de los gases de la combustión por procedimientos secos, semihúmedos y húmedos. Los productos de la reacción generados en los procedimientos húmedos son soluciones o suspensiones (p. ej. ácido clorhídrico, suspensión de yeso) y en los procedimientos semihúmedos y secos son residuos secos (p. ej. cloruro de sodio). Entre los procedimientos semihúmedos se encuentran la absorción por pulverización con lechada de cal (cal hidratada como suspensión) y el procedimiento seco controlado con cal hidratada o bicarbonato sódico. La tabla siguiente muestra los diferentes parámetros de los procedimientos.

Tabla 7: Sistemas de lavado de gases para reducir los gases ácidos nocivos (Thomé-Kozmiensky, Löschau 2014¹)

Parámetro	Procedimiento húmedo		Absorción por pulverización	Procedimiento seco controlado	Procedimiento o seco	
	H ₂ O Ca(OH) o CaCO ₃	H ₂ O NaOH			Ca(OH) ₂	Ca(OH) ₂
Agente de sorción	H ₂ O Ca(OH) o CaCO ₃	H ₂ O NaOH	Ca(OH) ₂	Ca(OH) ₂	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃
Estado físico del agente de sorción	Líquido (suspensión)	Líquido (solución)	Líquido (suspensión)	Sólido (polvo)	Sólido (polvo)	Sólido (polvo)
Temperatura gases en el reactor	Temperatura saturación (aprox. 50–60 °C)		Carbono: ~70°C Biomasa: ~100°C Residuos: ~140°C	Carbono: ~70°C Biomasa: ~100°C Residuos: ~140°C	Temperatura salida de la caldera	
Acondicionamiento o gases de combustión	Por inyección del agente de sorción		Por inyección del agente de sorción	Por inyección adicional de agua	Ninguno	
Producto principal de reacción	HCl CaSO ₄	HCl Na ₂ SO ₄	CaCl, CaSO ₄ , CaSO ₃	CaCl, CaSO ₄ , CaSO ₃	CaCl, CaSO ₄ CaSO ₃	NaCl Na ₂ SO ₄
Estado del producto de reacción	Líquido (suspensión / solución)		Sólido (polvo)	Sólido (polvo)	Sólido (polvo)	

c) Óxidos de nitrógeno

Cuando no sea posible evitar la producción de óxidos de nitrógeno en la incineración con medidas técnicas, se pueden aplicar básicamente dos procesos para eliminar los óxidos de nitrógeno:

- el procedimiento RNCS (también SNCR – Selective Non Catalytic Reduction)
- el procedimiento SCR (también SCR – Selective Catalytic Reduction)

El procedimiento RNCS, como reacción en fase gaseosa, consigue una reducción de los NO_x del 50-60% (en instalaciones nuevas y bajo condiciones óptimas hasta un 85%) mediante pulverización de compuestos nitrogenados (especialmente urea o amoníaco) en el flujo de gas caliente (850–1100°C, preferentemente a 950°C). Para separar 1 kg de óxido de nitrógeno se necesita alrededor de 1 kg de amoníaco.

En el procedimiento RCS (reducción catalítica) se transforman los óxidos de nitrógeno en nitrógeno y vapor de agua inyectando agua amoniacal en el catalizador. A una temperatura de entre 180 °C y 450 °C se produce la destrucción catalítica de los óxidos de nitrógeno, situándose la temperatura óptima entre los 350 °C y los 400 °C. La tasa de eliminación es superior al 90–92 % con una demanda teórica de amoníaco de 0,388 kg por kilogramo de óxido de nitrógeno eliminado en el catalizador.

Ni en el RNCS ni en el RCS se generan residuos, pero sí es importante tener en cuenta la denominada fuga de amoníaco y limitarla a la medida fijada por la ley (en Alemania actualmente por el 17º reglamento alemán de protección contra las emisiones o BImSchV). La tabla siguiente resume estos dos procedimientos.

Tabla 8: Caracterización de los procesos para la eliminación de los óxidos de nitrógeno

	SNCR	SCR
Concentración de NO _x en el gas limpio	< 150 mg/m ³	< 80 mg/m ³
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Económico Buenas concentraciones en el gas limpio Reducción de la síntesis <i>de novo</i> de dioxinas y furanos 	<ul style="list-style-type: none"> Muy buenas concentraciones en el gas limpio Puede aplicarse para la destrucción directa de dioxinas y furanos
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> En calderas con una distribución inestable de la temperatura se puede perder la ventana de temperaturas en la que es necesario inyectar el agente reductor. Si la concentración de NO_x es muy alta en el gas crudo, el equipo de RNCS no es suficiente para alcanzar los valores de gas limpio exigidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Elevado coste de mantenimiento del catalizador. Necesidad de mantenimiento y control por la carga de polvo y la consiguiente merma de actividad. Vulnerabilidad frente a los componentes de los gases de combustión (p. ej. metales pesados) que "envenenan" el catalizador inhibiendo con ello su funcionamiento

d) Metales pesados y dioxinas

Las dioxinas, los furanos y los metales pesados que atraviesan el lavador pueden ser eliminados de los gases de la combustión con carbono o coque activados o bien con una mezcla de cal hidratada y coque activado. Como proceso fiable se ha impuesto principalmente la absorción por inyección de flujo (mezclando coque activado – caliza /bicarbonato sódico con los gases de la combustión). Por su elevado coste y difícil manejo se aplica con menos frecuencia el procedimiento de absorción de lecho fijo. La siguiente tabla recoge las características principales de los dos procesos.

Tabla 9: Procesos de absorción de metales pesados y dioxinas en el lavado de gases de combustión

	Absorción por inyección de flujo	Absorción de lecho fijo
Concentración en el gas limpio:		
- dioxina	<< 0,1 ng TEQ	<< 0,1 ng TEQ
- metales pesados	< 0,1 mg	< 0,1 mg
Temperatura	Máx. 150 °C	Máx. 150 °C
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Muy buena concentración en el gas limpio Costes aceptables 	<ul style="list-style-type: none"> Muy buena concentración en el gas limpio Flexible ante las fluctuaciones de concentración
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Riesgo de perforación (con carga elevada) 	<ul style="list-style-type: none"> Peligro de incendio Coste elevado Elevadas emisiones de CO durante el arranque
Residuos	Carbono o coque activado mezclado en parte con caliza o bicarbonato sódico	Carbono o coque activado

El carbono activado o el coque activado captan los metales pesados (sobre todo Hg y Cd), así como las dioxinas y los furanos, produciéndose también pequeñas concentraciones de azufre y cloro. En general son recirculados a la cámara de combustión, tantas veces como sea necesario hasta separar el mercurio y el cadmio.

FLUJO Y
CANTIDADES
DE MATERIAL

El grado de reducción posible de los diferentes contaminantes del gas de combustión están indicados arriba para cada una de las técnicas aplicables.

ÁMBITO DE APLICACIÓN	- De acuerdo con la normativa legal, el tratamiento de los gases de combustión es una etapa indispensable en todas las plantas incineradoras de residuos. (Ver las hojas de datos de los diferentes procesos de incineración " <u>Incineración en parrilla</u> ", " <u>Incineración de lecho fluidizado</u> ", " <u>Co-incineración industrial</u> ")
RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	- Las técnicas de tratamiento de gases pueden ser aplicadas a cada sistema de incineración de residuos (también para las plantas térmicas con otros combustibles).
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	- Está condicionado por el proceso de combustión aplicado y las emisiones resultantes del mismo.
RELEVANCIA PARA EL CO ₂	
MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS	- Bicarbonato sódico, caliza o cal hidratada para la absorción de los gases ácidos nocivos. - Carbono, coque de lignito para la absorción de metales pesados y dioxinas: <0,8 kg/Mg aporte de residuos - Urea o agua amoniacal (25%) para reducir los NO _x) - Agua
RECURSOS HUMANOS	- Los sistemas de tratamiento de los gases de combustión no necesitan personal adicional al del funcionamiento de plantas incineradoras, pero si se genera una demanda de personal en la fase de eliminación posterior.
DEMANDA DE SUPERFICIE	- La superficie adicional, necesaria para las instalaciones de aprovechamiento térmico (caldera) y de los sistemas de tratamiento de los gases es considerable en comparación con el sistema de incineración propiamente dicho. Conviene contemplar posibles medidas para reequipar a posteriori el tratamiento de gases al calcular las superficies.
VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	<p>Los sistemas de tratamiento de gases secos y semihúmedos tienen un coste de inversión más bajo. El tratamiento húmedo presenta un amplio rango en los costes de inversión. Ahora bien, un sistema húmedo relativamente sencillo apenas supera en coste a una depuración semihúmeda.</p> <p>Posibles cifras medias de inversión por sistema (Investigación de precios base 2008): (Caso supuesto: planta incineradora con un rendimiento de 200.000 Mg/a; tratamiento de gases <u>sencillo</u> (seco))</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costes de construcción: 4.500.000 EUR - Equipamiento: 13.000.000 EUR - Costes adicionales, financiación: 3.500.000 EUR <p>(Caso supuesto: planta incineradora con un rendimiento de 200.000 Mg/a; tratamiento de gases <u>complejo</u> (húmedo))</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costes de construcción: 7.500.000 EUR - Equipamiento: 20.000.000 EUR - Costes adicionales, financiación: 5.500.000 EUR <p>En un ejemplo de sorción seca de diferentes tipos, la inversión asciende a aprox. 8 millones de euros (con RNCS – 12 millones de euros)</p>

La tabla siguiente muestra los costes de inversión orientativos para los procedimientos RCS y RNCS.

Tabla 10: Inversión para un procedimiento SCR y SNCR (Beckmann, 2011¹²)

Procedimiento RNCS	Concentración NO _x en gas limpio	mg/Nm ³ seco	200	150	100
	Costes de inversión	EUR	265.000	280.000	525.000
Procedimiento SCR	Concentración NO _x en gas limpio	mg/Nm ³ seco	150	100	50
	Costes de inversión	EUR	2.280.000	2.308.000	2.365.000

COSTES DE OPERACIÓN

- Los costes de operación dependen de los precios del mercado de los reactivos empleados. La tabla siguiente ofrece valores orientativos para los reactivos sujetos a las oscilaciones del mercado.

Tabla 11: Ejemplos de costes de reactivos (Beckmann, 2011²)

Parámetro	Precio
Bicarbonato sódico (98 Ma.-% NaHCO ₃)	230 EUR/Mg
Coque activado	420 EUR/Mg
Agua amoniacal (25 Ma.-% NH ₃)	100 EUR/Mg
Agua de dilución (desionizada)	4 EUR/Mg
Residuos a eliminar	135 EUR/Mg

- Costes de reparación y mantenimiento: aprox. 1 % de los costes de adquisición para cada elemento funcional; para máquinas y electrónica parox. 3–4 % de los costes de adquisición.
 - En un ejemplo de sorción seca de diferentes tipos, los costes de operación ascienden a aprox. 1,5–2,3 millones de euros al año.

POSIBILIDAD DE INGRESOS

- Mediante la venta del yeso y el ácido clorhídrico obtenidos en la depuración de los gases (ambos en forma depurada).

COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA

- Incluidos en los costes totales indicados para los procesos de incineración de residuos (ver las hojas de datos de los diferentes procesos de incineración "Co-incineración industrial", "Incineración en parrilla", "Incineración de lecho fluidizado").

OTROS DETALLES

SINOPSIS DEL MERCADO

APLICACIONES DE REFERENCIA

- Ver las hojas de datos de los diferentes procesos de incineración "Co-incineración industrial", "Incineración en parrilla", "Incineración de lecho fluidizado".

FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS

(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)

Ejemplos de proveedores de componentes y equipos completos para el tratamiento de los gases de combustión:

- LAB GmbH, Stuttgart www.labgmbh.de
- MARTIN GmbH für Umwelt- und Energietechnik, Múnich www.martingmbh.de
- ENVIROTHERM GmbH, Essen www.envirotherm.de
- Hitachi Zosen Inova Kraftwerkstechnik GmbH, Landsberg www.hz-inova.com
- Steinmüller-Babcock Environment GmbH, Gummersbach www.steinmueller-babcock.com

¹² Beckmann: Descripción de diferentes técnicas y sus potenciales de desarrollo para reducir los óxidos de nitrógeno en los gases de combustión de las plantas incineradoras, Umweltbundesamt 2011, <http://www.uba.de/uba-info-medien/4196.html>

OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Se puede obtener otros datos y listas de plantas relevantes a través de:

- ITAD – Interessengemeinschaft der thermischen Abfallbehandlungsanlagen in Deutschland e.V.
www.itad.de
- CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants www.cewep.com

RECUPERACIÓN DE FÓSFORO DE LOS FANGOS DE DEPURACIÓN MUNICIPALES

OBJETIVOS DE USO Y APLICACIÓN

- Posterior tratamiento de los fangos procedentes de las estaciones depuradoras de aguas residuales municipales o de las cenizas de esos fangos, tras la mono-incineración de los mismos, para la recuperación de fósforo como recurso ilimitado.

CARACTERIZACIÓN DEL MARCO GENERAL DE APLICACIÓN

APLICACIÓN EN ESPECIAL PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Residuos de alimentos, jardines	
Papel, cartulina y cartón		Residuos domésticos mixtos		Residuos voluminosos	
Bombillas		Residuos textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Metal		Madera		Residuos de construcción y demolición	
Aceites usados		Pinturas y barnices		Neumáticos	
Residuos peligrosos					
Residuos específicos de producción y sectoriales	X	Eventualmente purines excedentes, harina de animales, compuestos orgánicos que contengan fósforo			
Otros tipos de residuos	X	Fangos de depuración procedentes de las depuradoras de aguas residuales municipales o de las cenizas obtenidas en la incineración de esos fangos			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

Necesidad de un tratamiento previo

Para poder recuperar el fósforo presente en los productos de la depuración de las aguas residuales, con diferentes uniones químicas, es necesario un tratamiento previo. Gran parte del fósforo se encuentra disuelto, es decir, que es necesario transformarlo a un estado particulado. Esto puede lograrse la etapa biológica de la depuradora por precipitación química o mediante una fuerte concentración biológica con ayuda de bacterias que capten el fósforo. Con esas suspensiones enriquecidas con fósforo se puede continuar el proceso para la extracción del mismo. El requisito indispensable para aplicar los procedimientos de recuperación basados en las cenizas de los fangos es la previa mono-incineración de los fangos.

Posibilidades de aprovechamiento del material obtenido

Los compuestos de fósforo obtenidos ofrecen un espectro relativamente amplio de aplicaciones tras su limpieza y posterior procesamiento. Según el método de recuperación utilizado se pueden obtener diferentes productos para diversas aplicaciones. Los fosfatos de calcio se obtienen con los métodos de recuperación químicos húmedos y termoquímicos, por precipitación o cristalización, pero también por concentración termoquímica en el producto. Los fosfatos de calcio se emplean principalmente como abonos de larga duración y, en consecuencia, como sustitutos de los fertilizantes minerales. Los fosfatos de hierro y aluminio se generan con los métodos de recuperación químicos húmedos y con tratamientos termoquímicos. Sin embargo, su uso como fertilizante es limitado. También se puede extraer fósforo puro como producto industrial o metales pesados para la metalurgia de cinc y cobre.

Posibilidades de eliminación y acumulación del material obtenido

Los fangos de depuración pueden ser inertizados en plantas de mono-incineración o co-incineración. La ceniza obtenida y otros restos del tratamiento pueden ser utilizados como residuos de combustión o bien ser depositados en vertederos de residuos especiales o para la atibación y refuerzo en minas.

Requisitos especiales de protección

La manipulación de los fangos de depuración conlleva un riesgo continuo para la salud debido al elevado contenido de gérmenes de las aguas residuales. Según el método aplicado, durante la recuperación del fósforo el riesgo radica en el efecto nocivo para la salud de las sustancias necesarias empleadas en el proceso. Por otra parte, los productos resultantes son directamente insalubres, algunos además ligeramente inflamables y eutróficos. En consecuencia, deben adoptarse las medidas de prevención y protección personal pertinentes.

Posible financiación

Los compuestos de fósforo a obtener son productos aptos para la fertilización, en general con buena disponibilidad para las plantas, por lo que las instalaciones pueden refinanciarse en parte a través de su comercialización. Otra fuente de financiación representan los presupuestos de tasas para la recogida y el tratamiento de las aguas residuales urbanas. En ocasiones existen modelos de fomento europeos y, dado el caso, nacionales que pueden contribuir a la financiación del desarrollo y realización de la recuperación de fósforo.

EFFECTO DE CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS SOBRE EL TIPO Y EL ALCANCE DE LA APLICABILIDAD

Puntos de partida para la recuperación

Diferenciar potenciales, costes y eficiencia de la recuperación del fósforo, entre otros en función del punto de partida del tratamiento. En la tabla siguiente se ofrecen algunos parámetros básicos orientativos.

Tabla 12: Parámetros básicos sobre la recuperación de fósforo (fuente: TBF + Partner AG, Zúrich 2015 / datos empíricos de la UBA (Agencia Federal Alemana de Medio Ambiente)

Punto de toma	Carga de fósforo (relativa a la carga en el influente)	Concentración de fósforo	Forma presente
Efluente	10 %	< 0,8 mg P/l	disuelto y particulado
Agua fangosa	Por precipitación: < 5 % BioP: hasta 50 %	< 20 mg P/l hasta 400 mg P/l	disuelto y particulado
Fangos (con 30% de residuo seco)	90 %	>10—ca. 20 g P/kg fango	unión biológica y química
Ceniza	90 %	aprox. 60 g P/kg ceniza	unión química

Datos de las infraestructuras

Las plantas de recuperación de fósforo deberían encontrarse lo más cerca posible del lugar de generación de los fangos para minimizar, dentro de lo posible, los costes de logística. El funcionamiento de las plantas requiere acceso a la red eléctrica. Debe calcularse además las superficies necesarias para almacenar los flujos de material.

Datos climáticos

Sin efecto

DETALLES TÉCNICOS

SINOPSIS GENERAL

DESCRIPCIÓN ABREVIADA

Los fangos de depuración contienen fósforo unido química y también biológicamente. Para el tratamiento de los fangos de depuración con el objeto de recuperar el fósforo se han impuesto principalmente tres técnicas, además de otros planteamientos aún en desarrollo. Estas son

- precipitación y cristalización directa a partir de las aguas fangosas o del fango digerido (p. ej. el método AirPrex®)
- tratamiento químico húmedo y disolución de los fangos de depuración o de la ceniza de los fangos con ácidos o bases (por ejemplo el procedimiento Seaborne)
- recuperación termoquímica del fósforo a partir de la ceniza de los fangos de depuración

REQUISITOS BÁSICOS

- El fósforo se encuentra en el influente de la depuradora en parte como fosfatos disueltos y, en parte, unido biológica y químicamente. El fósforo particulado puede ser recuperado por decantación. Sin embargo, una gran parte del fósforo se encuentra disuelto. Puesto que se considera básicamente necesario eliminar el fósforo, este tiene que ser transformado a un estado particulado. Esto puede lograrse por precipitación química con ayuda de medios de precipitación o bien por fijación biológica del fosfato mediante bacterias especiales, con una captación del fosfato superior a la media, en la fase biológica de la depuradora. Las suspensiones de fango así obtenidas pueden ser tratadas para extraer el fósforo antes o después de la fermentación o después del secado, según el procedimiento de recuperación.
- Si se emplean métodos de recuperación aplicados a las cenizas, es necesaria una mono-incineración previa del fango y, dado el caso, la granulación o la aglomeración de las cenizas en briquetas.

<p>RESULTADOS ESPERADOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lograr una reducción sustancial del fósforo en los fangos de depuración o en los productos residuales de la incineración y, al mismo tiempo, obtener fósforo apto para el uso industrial y fosfatos adecuados para la fertilización. Y, en definitiva, proteger un recurso de materia prima finito. - Las cargas de fósforo en las depuradoras municipales proceden, tras haberse implantado en el mercado los detergentes sin fosfatos, en su mayor parte de materias fecales humanas. Por lo tanto, no cabe esperar un descenso en las cargas de fósforo.
<p>VENTAJAS ESPECIALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los procedimientos de recuperación de fósforo de los fangos de depuración permite prescindir del uso directo de estos como fertilizante, una práctica que no lleva a la consecución de los objetivos por varias razones (entre otras, por el contenido de sustancias peligrosas, contaminantes para las aguas subterráneas y activas a nivel endocrino o por la limitada disponibilidad de los nutrientes para las plantas). Los procedimientos expuestos suministran todos los productos aptos como abonos, con cargas contaminantes inferiores (entre otros menos cadmio y uranio) a los fertilizantes minerales convencionales fabricados a partir de fosfatos minerales de origen sedimentario. - Otra ventaja fundamental de la recuperación radica en la clara mejora de la deshidratabilidad del fango en un tratamiento posterior. - Las plantas de recuperación de fósforo son, en parte, fácilmente reequipables y fáciles de integrar en los procesos de depuración de las aguas residuales y de tratamiento de los fangos de depuración. Además, las instalaciones no solo son aptas para los fangos de depuración, también pueden procesar otras fuentes potenciales de fósforo. - En el procedimiento térmico tiene lugar un aprovechamiento energético y sustancial simultáneos de los fangos, además de una destrucción permanente de las sustancias orgánicas tóxicas.
<p>DESVENTAJAS ESPECÍFICAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las velocidades de recuperación del fósforo varían mucho entre los diferentes procedimientos. - Pueden producirse determinadas incompatibilidades con otras aplicaciones. - Los costes de construcción y operación difieren en gran medida y pueden ser muy elevados según el tipo de instalación, algunos procedimientos solo son utilizables en combinación con instalaciones específicas. La realización del procedimiento es en la mayoría de los casos relativamente costosa. - Aún no es posible emitir juicios acerca de la rentabilidad de cada procedimiento a largo plazo, pues la experiencia acumulada es hasta la fecha escasa y tiene más bien carácter piloto.

DETALLES DE APLICACIÓN

REALIZACIÓN TÉCNICA

La recuperación de fósforo puede ser incorporada en diferentes fases de la depuración de las aguas residuales municipales y resultantes de estas. Normalmente, la mayor parte del contenido de fósforo se encuentra unido en los fangos de depuración resultantes, por eso los procedimientos actuales a gran escala se concentran en la recuperación de fósforo de esos medios. La forma de unión química y la concentración de fósforo en los medios a procesar tienen una gran importancia sobre el coste requerido y la tasa de recuperación respectiva.

Varios proyectos piloto han confirmado básicamente la viabilidad técnica de diferentes principios de recuperación, si bien hasta la fecha no han sido comercializados. Cabe resaltar que, debido a ello, existen muy pocas las empresas y procedimientos que se planteen poder realizar una recuperación de fósforo con fines económicos. A continuación vamos a exponer los procedimientos de recuperación de fósforo que ya han pasado de la fase piloto a la aplicación con modos de funcionamiento estables.

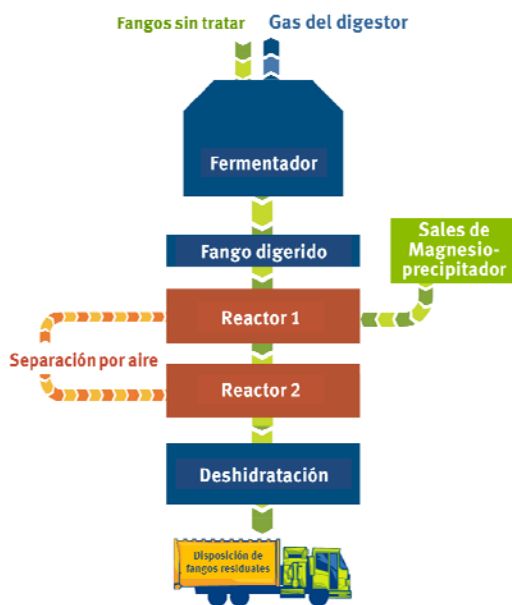
Recuperación de fósforo de fangos digeridos por precipitación y cristalización en la depuradora

Los procedimientos de precipitación y cristalización solo son aplicables a la fracción de P disuelta. Por lo tanto, en función del proceso pueden aparecer incompatibilidades con una eliminación de fósforo por precipitación de hierro y aluminio. Desde hace tiempo viene practicándose con éxito este tipo de recuperación de fósforo de los fangos digeridos deshidratados mediante los dos procedimientos descritos a continuación.

AirPrex®

Este procedimiento se basa en la precipitación de estruvita (MAP) y fue desarrollado originalmente por las compañías de aguas de Berlín (BWB) para evitar las incrustaciones de estruvita en las tuberías. El fango digerido procedente del fermentador es conducido a un sistema de reactores de dos fases y sometido a un desorción. La desgasificación del CO₂ incrementa claramente el valor de pH. La adición simultánea de sales de precipitación de magnesio provoca la formación y precipitación de cristales de estruvita que pueden ser separados del fango en una fase posterior. Tras un tratamiento final, la estruvita puede ser comercializada como fertilizante para, por ejemplo, la agricultura. La imagen siguiente muestra un esquema simplificado del procedimiento:

Imagen 5: Esquema básico del procedimiento AirPrex® (presentación según BAFU, 2009)

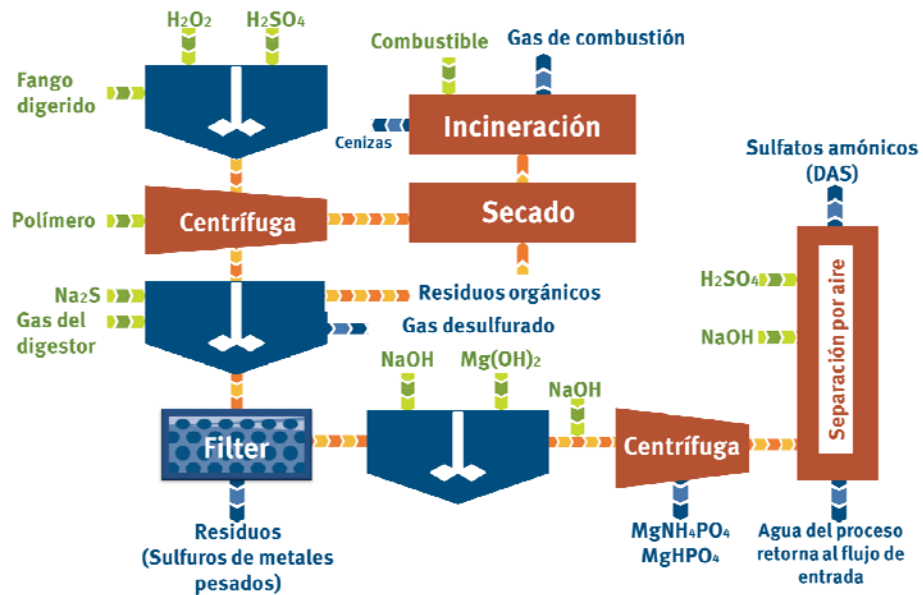


En Berlín se recupera entre el 3,5 % y el 8 % del fósforo contenido en el influente de la depuradora -según la intensidad de aireación.

Procedimiento Seaborne

Este procedimiento se aplica con éxito en la depuradora de Gifhorn, situada en la Baja Sajonia. Se trata de un procedimiento relativamente complejo y costoso. El fango es sometido a una lixiviación ácida con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) añadiendo ácido sulfúrico. El siguiente paso consiste en una deshidratación en centrifugadora, encontrándose ahora el fósforo y los metales pesados principalmente en el centrado. Los metales pesados son eliminados por medio de precipitación con sulfuros y la adición de hidróxido de sodio aumenta el valor de pH provocando la precipitación de estruvita. Para finalizar se centrifuga y seca la estruvita. En otra fase se provoca la precipitación de sulfato de diamonio (DAS) por desorción y adición de ácido sulfúrico con el fin de minimizar la carga de NH_3 en las aguas residuales restantes. La imagen siguiente muestra un esquema simplificado del procedimiento:

Imagen 6: Esquema del procedimiento Seaborne (representación según BAFU, 2009)



A escala industrial también ofrecen buenas perspectivas, y por lo tanto deben ser tenidos en cuenta para el futuro, procedimientos como Ostara Pearl®, NuReSys® o Fix-Phos.

Procedimientos de recuperación a partir de la ceniza de los fangos de depuración

Los procedimientos expuestos aquí se basan exclusivamente en el tratamiento de las cenizas obtenidas de la mono-incineración de los fangos de depuración. Básicamente son dos los métodos aplicados para la recuperación de fósforo de las cenizas. Se trata, por un lado, del tratamiento químico húmedo y, por otro, de la extracción térmica. En la ceniza, el fósforo está unido químicamente formando fosfatos de hierro, aluminio y calcio, siendo estos últimos la forma principal de unión. El contenido de fósforo en la ceniza asciende a un 5–10% (valor medio 64 g por kg de ceniza). En circunstancias favorables se pueden alcanzar tasas de recuperación de hasta el 90%.

Tratamiento químico húmedo

Mediante un proceso de dilución con, por ejemplo, ácido sulfúrico, se transforma el fósforo de las cenizas en una solución. Es problemático aquí el porcentaje de metales pesados presente aún en esa solución. Aunque pueden ser precipitados más tarde, por ejemplo como sulfitos, y separados del fósforo disuelto. Según el valor de pH, el fósforo precipita durante la neutralización de la dilución ácida como fosfato de hierro, aluminio y calcio.

Este último es uno de los productos principales del tratamiento químico húmedo, pues para la neutralización de las diluciones se emplea con frecuencia hidróxido de calcio (cal muerta). Como procedimientos de dilución ácida ofrecen buenas perspectivas a escala industrial, y

por lo tanto deben ser tenidos en cuenta para el futuro, métodos como el de Stuttgart o los métodos Budenheim Carbonic Acid Process y Tetraphos.

Extracción térmica

Existen dos procedimientos de este tipo que han evolucionado con el tiempo de ensayos piloto a aplicaciones industriales.

Procedimiento ASH DEC (Outotec)

La ventaja de este procedimiento radica en la separación de los metales pesados y un producto rico en fósforo que puede ser utilizado como fertilizante agrícola. La ceniza es homogeneizada y granulada con cloruros alcalinos y/o alcalinotérreos en un mezclador intenso. La composición y la dosificación de estos aditivos son parámetros esenciales de este proceso, pues son decisivos para la transformación de los fosfatos de calcio, pero también de aluminio, en compuestos de fosfato solubles. La imagen siguiente muestra la planta piloto original de este procedimiento.

Imagen 7: Planta piloto de ASH DEC (Outotec) en Leoben, Austria, 2008 (Foto: Outotec GmbH & Co. KG)



Los gránulos de fango son tratados en un termoreactor hasta 30 minutos a una temperatura de unos 1.000 °C. En ese tiempo, los metales pesados reaccionan en hasta un 99 % con los aditivos, en particular las sustancias tóxicas como mercurio, cadmio y plomo, y se volatilizan. Otros metales pesados, con efectos oligonutritivos en dosis tolerables, también son separados hasta los valores deseados o los límites establecidos por la ley. El 97% de la ceniza empleada es eliminada como granulada rico en fósforo. El 3% restante de la ceniza es separado en un sistema gradual de limpieza del gas de combustión y puede ser reutilizado como metal concentrado aprovechable. La desventaja de este procedimiento es el elevado consumo de energía.

Procedimiento Mephrec®

Este procedimiento metalúrgico permite la recuperación de fósforo como producto fertilizante acabado. Consiste en formar briquetas con el fango de la depuración ligeramente secado (p. ej. 25% materia seca) puro o mezclado con ceniza de fangos o con harina de animales, con el consiguiente contenido de P_2O_5 y someterlos a una carburación a temperaturas de hasta 2.000 °C en un horno de cuba. La escoria generada es granulada en un baño de agua y puede ser utilizada directamente, tal y como se ha descrito más arriba, como producto fertilizante rico en fósforo. Los metales pesados refractarios se encuentran de nuevo en la aleación de metal extraíble, mientras que los metales con un punto de fusión bajo (como cinc, cadmio, mercurio) se volatilizan y son separados en un equipo de limpieza del gas de combustión.

<p>FLUJO Y CANTIDADES DE MATERIAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Varían según el procedimiento. De la publicación "Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland" [1] de septiembre de 2013 pueden extraerse los siguientes valores orientativos: <ul style="list-style-type: none"> - Con un afluente de 100m³/h, el procedimiento AirPrex® suministra 2 Mg MAP/día - De 120 m³/día de fango digerido, el procedimiento Seaborne produce una media de 1,3 Mg MAP/día, equivalente a una cantidad anual de fósforo de aprox. 60 Mg. - Los procedimientos químicos húmedos con precipitación de estruvita permiten una recuperación entre el 40 % y el 70 % del fósforo contenido en el influente de la depuradora. - Los métodos metalúrgico-térmicos ofrecen una recuperación casi completa (> 90%) del fósforo presente en el influente de la depuradora. - El procedimiento termoquímico de la empresa Outotec (antes ASH DEC) generó, en el marco del proyecto europeo SUSAN, unos 10.000 Mg/a de fósforo fertilizante a partir de 12.000 Mg/a de ceniza de fangos, basándose en un porcentaje de fósforo en el influente de la depuradora de cerca del 9%. - El procedimiento Mephrec® de la empresa Ingitec de Baviera, como método metalúrgico, suministra 12.000 Mg/a de ceniza de fósforo a partir de 60.000 Mg/a de fango (25% materia seca). La sustitución de fósforo realizable asciende en definitiva a aprox. 500 Mg/a. <p><i>* Conversión de los porcentajes de fósforo P₂O₅ = 43,64% y estruvita = 12,62%</i></p>
<p>RELACIÓN Y COMBINACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los procedimientos son fácilmente integrables en el proceso de tratamiento de las depuradoras municipales y pueden implementarse directamente en la localización de la depuradora con el consiguiente reequipamiento o instalación adicional. - Como opción recomendable para eliminar los fangos de depuración generados puede acoplarse la mono-incineración con recuperación de fósforo, facilitando así su realización simultánea. El proceso de combustión puede suministrar también la energía requerida para la recuperación.
<p>VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: CONSUMO DE RECURSOS</p>	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El consumo energético de la recuperación de fósforo puede ser considerable según el procedimiento. Para el método ASH DEC se ha indicado un consumo de energía de 400–850 kWh/t de ceniza. La energía puede obtenerse de la incineración de los fangos.
<p>RECURSOS HUMANOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Para la operación de las plantas de recuperación de fósforo se requiere personal cualificado, especialmente para la dirección y la supervisión del proceso. La demanda de personal depende del tamaño de la instalación y del grado de automatización. - Por regla general se puede cubrir gran parte de los procesos con el personal formado de la depuradora.
<p>MEDIOS AUXILIARES Y ADITIVOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Según el procedimiento se requieren diferentes sustancias químicas para la precipitación, así como para la extracción de fósforo, como se ha indicado en las descripciones de los procedimientos con ejemplos.
<p>DEMANDA DE SUPERFICIE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Depende del procedimiento. Los métodos de precipitación y cristalización presentan en general una menor demanda de superficie. Por el contrario, la disolución ácida presenta una demanda de espacio muy intensa. - Este factor depende, además, del substrato a tratar. Cuanto menor sea el caudal a tratar, menor será también el volumen requerido en el reactor y, en consecuencia, la demanda de espacio. - Con frecuencia, las instalaciones pueden ser integradas en recinto de la depuradora.
<p>COSTE DE TRATAMIENTO POSTERIOR</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los productos residuales, es decir los fangos de depuración y las cenizas restantes tienen que ser sometidos a un tratamiento y eliminación posteriores de acuerdo con los estándares establecidos.

VALORES ORIENTATIVOS PARA LA APLICACIÓN: COSTES	
COSTES DE INVERSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Muy variables. En la planta de referencia instalada en Gifhorn (D), con una producción de estruvita de 1,3–1,8 Mg/día (procedimiento Seaborne, v. a.), el coste de inversión en el año 2007 ascendió a 7,6 millones de euros. De ellos, aproximadamente 4 millones fueron necesarios para la técnica de instalaciones y su equipamiento. - Para el tratamiento químico húmedo de las cenizas de los fangos se calcula un volumen de inversión de 11 millones de euros para el tratamiento de 15.000 toneladas de ceniza al año. - El rango de inversión conocido para las plantas de recuperación de fósforo oscila entre los 6 y los 20 millones de euros. (Tomado de diferentes datos y fuentes hasta aprox. 2014).
COSTES DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - En la mayoría de los procedimientos, los mayores costes de operación recaen en los productos químicos requeridos. En general esos costes aún son comparablemente altos y no competitivos con los precios habituales de adquisición de fósforo en el mercado. - Para la precipitación de estruvita se calcula un coste de unos 3–4 euros/kg P. - En el tratamiento químico húmedo se ha informado de un coste anual de hasta 5,80 euros/kg de fósforo disuelto debido al elevado consumo de químicos. - (Tomado de diferentes datos y fuentes hasta aprox. 2010). Cabe señalar que el continuo perfeccionamiento de los procesos ya ha logrado reducir claramente los costes.
POSIBILIDAD DE INGRESOS	<ul style="list-style-type: none"> - Mediante la comercialización de los productos obtenidos de la recuperación (en su mayor parte fosfatos aptos para la fertilización). Para las instalaciones ASH DEC planificadas se ha estimado unos ingresos anuales de entre 4 y 12 millones de euros.
COSTE TOTAL POR UNIDAD DE MASA	<ul style="list-style-type: none"> - Debido a la aún reciente experimentación a escala industrial y la escasa experiencia en la realización con funcionamiento continuo, los costes de la recuperación aún implican una gran inseguridad. En general, los costes de recuperación en los procedimientos de cristalización y precipitación son inferiores a los procedimientos de dilución ácida en la recuperación termoquímica. En total, el coste de la recuperación es claramente superior al coste del fertilizante de fósforo convencional. - Para evaluar el balance total de la recuperación de fósforo debe tenerse en cuenta, además de los costes del procedimiento propiamente dichos, también el ahorro resultante para la depuradora por la aplicación del procedimiento. Los costes de recuperación en los procedimientos de disolución termoquímicos, en sí muy caros, son claramente más bajos si se contempla ese posible ahorro. Es especialmente decisivo al respecto el ahorro de los costes de eliminación de los fangos de depuración.
OTROS DETALLES	
SINOPSIS DEL MERCADO	
APLICACIONES DE REFERENCIA <i>(Nota importante: la relación de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva).</i>	<p>Según fuente [1], en las depuradoras alemanas siguientes se conoce o se plantea el uso de técnicas de recuperación de fósforo en su funcionamiento regular.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Depuradora de Gifhorn (procedimiento Seaborne, precipitación de estruvita), desde 2007 - Depuradora de Waßmannsdorf, Berliner Wasserbetriebe (procedimiento AirPrex) - Depuradora de Offenburg, Baden-Württemberg (procedimiento de Stuttgart) - Depuradora 1, ciudad de Núremberg (procedimiento Mephrec, carburación de briquetas de fango de depuración –actualmente en fase de planificación) <p>En otras plantas (en parte también alternativas) se encuentran procedimientos en fase de ensayo (p. ej. Hildesheim/Fix-Phos, depuradora de Rastatt/PHOSIEDI).</p>

<p>FABRICANTES Y PRESTADORES DE SERVICIOS RECONOCIDOS</p> <p><i>(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva).</i></p>	<p>Algunos desarrolladores de tecnologías y procedimientos de los principios descritos para la recuperación de fósforo son:</p> <p><u>Procedimiento Seaborne:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Oxytabs (antes Seaborne), D-24768 Rendsburg <p><u>AirPrex®</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Polution Control Service GmbH, D-22143 Hamburg www.pcs-consult.de <p><u>Procedimiento Mephrec®</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingitec®Engineering GmbH, D-04178 Leipzig www.ingitec.de <p><u>Procedimiento ASH DEC:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Outotec GmbH & Co. KG www.outotec.com/en/About-us/Acquisitions/ASH-DEC/
OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
<p>Se puede obtener más información y otro datos sobre la recuperación de fósforo de los fangos de depuración a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Publicación "Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland" de septiembre de 2013; fuente [1] http://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/klaerschlammentsorgung-in-bundesrepublik - Informe de la investigación "Phosphorrecycling – Ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzepts für Deutschland" de noviembre de 2011 http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/n/de/publikationen/Abschlussbericht_Phobe-1.pdf - Informe sobre la aplicación a escala industrial de la tecnología Seaborne en la depuradora de Gifhorn, septiembre de 2012 http://www.asg-gifhorn.de/docs/abschlussbericht_seaborne_technologie_gifhorn.pdf - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), www.dwa.de; entre otros biblioteca de DWA: http://www.dwa.de/dwa/sitemapping.nsf/literaturvorschau?openform&bestandsnr=48447 	

Almacenamiento provisional y disposición final de residuos

La tradicional y extendida práctica del vertido de residuos en vertederos es, cada vez más, reemplazada por técnicas avanzadas de tratamiento de residuos. Esta transición a métodos de degradación térmica o biológica se debe a los beneficios de la recuperación de energía de los residuos, la segregación de reciclables y al volumen reducido de residuos que debe ser depositado. Dejar de lado el vertido de residuos es un paso necesario que se debe realizar para el manejo sustentable de los mismos pero requiere, naturalmente, pensar en la reutilización de los materiales y un estricto marco legal que facilite esta transición. La directiva sobre el vertido de residuos, que se convirtió en la columna vertebral legislativa de esta visión en los países miembros de la UE, estipula que los volúmenes de residuos biodegradables vertidos deben ser gradualmente reducidos y que los residuos deben ser tratados antes de ser vertidos. Además, está previsto a mediano plazo el cierre de la mayoría de los vertederos. Esto quiere decir que todos los esfuerzos deben ser dirigidos a la reducción de los volúmenes de los residuos generados y al tratamiento y la utilización de todos los materiales en los residuos.

Una consecuencia de estas disposiciones es que más y más residuos están siendo procesados para su posterior utilización. Las capacidades de tratamiento y utilización no pueden ser garantizadas todo el tiempo y puede haber circunstancias en las cuales que el suministro de residuos o de productos intermedios exceden los espacios de almacenamiento correspondientes. Por eso, es esencial que las técnicas e instalaciones para un almacenamiento provisional estén a mano o en desarrollo.

A pesar de que el tratamiento y la reutilización de residuos aumente de manera que muy pequeñas cantidades queden remanentes como residuos no utilizables, los vertederos son y continuarán siendo por varias décadas el último recurso para la disposición final de los residuos en una manera controlable y segura para el medio ambiente. Para que esto sea cierto, tres diferentes categorías de vertederos estándares deben ser asegurados por los países miembros de la UE.

La primer categoría son los vertederos de residuos no peligrosos como, por ejemplo, residuos domésticos y comerciales mezclados sin grandes concentraciones de sustancias peligrosas para el medio ambiente. Este tipo

de vertedero es el método más extendido para la disposición final de los restos de los tratamientos de residuos domésticos y comerciales. Debe considerarse que un pre-tratamiento de residuos, especialmente de la fracción orgánica, no puede suprimir totalmente la generación de gases invernadero y lixiviaciones en el cuerpo del vertedero. Es por estos motivos que los vertederos deben ser construidos con las precauciones y los equipos de recolección y tratamiento necesarios para prevenir que sustancias dañinas penetren en el suelo y los acuíferos. Además, deben considerarse medidas para el cuidado posterior por, al menos, 30 años.

La segunda categoría de vertederos son los vertederos de residuos inertes. Este tipo de vertedero es definido como un lugar donde residuos minerales o completamente inertes son depositados. Como tal, estas instalaciones se utilizan para el vertido y almacenamiento de suelos excavados, materiales de la minería y residuos inertes de la construcción y demolición de obras. (Por ej. Piedras, hormigón, arenas y mezclas de ellos)

La tercer categoría son los vertederos de residuos peligrosos. Estos vertederos están exclusivamente reservados para para residuos que representen un riesgo potencial o que tengan sustancias que pueden ser peligrosas para el medio ambiente. Por estos motivos, se deben tomar medidas especiales de protección y cuidado posterior para la instalación y uso de estos vertederos. Generalmente, estos vertederos deben ser diseñados con aislamiento doble y sistemas de contención para proteger el suelo circundante y las aguas subterráneas. Los requisitos del estado estado regulan el monitoreo y cuidado posterior de estos vertederos. Una lista completa de medidas de precaución se encuentra en la “Directiva para el vertido de residuos” de la UE. Como parte de éstas, todos los residuos peligrosos transportados a estos vertederos deben ser manifestados para poder hacer un seguimiento de los mismos desde su lugar de origen hasta su lugar de disposición final.

Un procedimiento estandarizado de aceptación de residuos es establecido para evitar cualquier riesgo.

Como regla general, los vertederos deben aceptar solo los residuos para los cuales fueron asignados. Y no deberían ser aceptados, por los vertederos mencionados, los siguientes tipos de residuos.

- ▶ Residuos líquidos,
- ▶ Residuos inflamables,

Almacenamiento provisional y disposición final de residuos

- ▶ Propensos a explosiones o fuertes reacciones químicas,
- ▶ Residuos médicos infecciosos,
- ▶ Neumáticos usados, con ciertas excepciones
- ▶ Aquellos residuos que no cumplan los requisitos de aceptación determinados por las normas.

Los tratamientos especiales ,que pueden llegar a ser necesarios antes de el vertido, son la estabilización y neutralización de lodos, suelos, arenas, líquidos y polvos peligrosos y no peligrosos. Varios tratamientos de esta naturaleza se utilizan para los residuos que contienen metales pesados y obtener un material sólido e insoluble para un vertido seguro. Estos métodos de tratamiento deben ser considerados para casos especiales y no son objeto de este documento.

Nota: Pueden encontrarse descripciones detalladas de las tecnologías y equipamientos mencionados en el texto en las siguientes hojas informativas.

Tabla 1: Repaso de las hojas informativas relacionadas.

Hojas informativas relacionadas
Almacenamiento: <u>Almacenamiento temporal de residuos</u>
Vertido final: <u>Vertederos para residuos inertes</u> <u>Vertederos para residuos no peligrosos</u> <u>Vertederos para residuos peligrosos</u>

ALMACENAMIENTO PROVISIONAL DE RESIDUOS

FUNCIÓN, OBJETIVO:

- El objetivo de esta técnica es el almacenamiento temporal de residuos que aguardan un tratamiento posterior. El almacenamiento provisional puede ser utilizado para amortiguar los cuellos de botellas que pueden suceder en los tratamientos subsiguientes (Sitios de almacenamiento de largo plazo) o establecidos en caso de inspecciones o averías en las plantas de tratamiento (sitios de almacenamiento de corto plazo)

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros		Residuos orgánicos	
Papel /Cartón		Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X ¹
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción/demolición	
Aceites usados		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos	X				
Otros residuos					

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Para su almacenamiento temporal el tamaño de los residuos debe ser reducido a tamaños manejables.

Opciones para la posterior utilización de los residuos recolectados:

De acuerdo a el proceso que sigue al almacenamiento temporal

Cuidados posteriores:

Recuperación de el área de almacenamiento a las condiciones previas.

Medidas de protección:

- Debe garantizarse una envoltura de los residuos resistente al agua y al aire.
- Deben controlarse las temperaturas y la generación de gases internos.
- El suelo debe ser debidamente aislado y deben tomarse medidas de precaución contra incendios.

El almacenamiento a cielo abierto no es recomendable ya que los riesgos de incendios son altos, debido a la exposición al aire y las concentraciones de oxígeno disponibles

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Debe asegurarse una buena accesibilidad. Los vertederos habilitados ofrecen generalmente las condiciones necesarias para el almacenamiento temporal, particularmente, para el almacenamiento de residuos solidos municipales sin tratar.

Un requisito mínimo para el almacenamiento en paquetes envueltos es una base de suelo estable y sellado.

Condiciones climáticas:

En principio no hay limitaciones, pero el almacenamiento temporal en climas mas calientes y en lugares con alta exposición al sol tienen un mayor riesgo de incendio.

Necesidad de mano de obra preparada

No es necesario contar con personal clasificado.

¹ Solo para residuos voluminosos triturados

DETALLES TÉCNICOS											
DESCRIPCIÓN GENERAL											
RESUMEN	Las instalaciones para el almacenamiento temporal de residuos pueden ser necesarias para residuos como residuos sólidos municipales sin tratar o residuos con alto poder calorífico debido a una disminución de la capacidad de tratamiento como resultado de inspecciones de planta o averías. El almacenamiento en paquetes balas de residuos envueltas es ampliamente aprobado y será explicado más detalladamente a continuación. También es posible el almacenamiento temporal de residuos sólidos urbanos sin tratar en pequeñas capas elaboradas con alta densidad y cubiertas en sitios para el vertido controlado de residuos. Este procedimiento es similar al vertido de residuos en capas finas en vertederos sanitarios (ver hoja informativa: " <u>Vertederos para residuos peligrosos</u> "). Es severamente no recomendable el almacenamiento a cielo abierto o en balas no envueltas debido al alto riesgo de incendio por la influencia del oxígeno										
REQUISITOS BÁSICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Área con suelo estable y superficie sellada o vertedero habilitado - Residuos que no sean de gran tamaño y listos para ser compactados 										
RESULTADOS ESPERADOS	- Residuos aptos para tratamientos posteriores, que pueden ser reciclado o tratamientos térmicos.										
VENTAJAS ESPECÍFICAS	- Evitar la disposición o utilización por terceros										
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Costo adicional - Demanda de área - Deterioro de la calidad para procesos térmicos de residuos con alto poder calorífico 										
DETALLES DE USO											
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Tabla 1: Descripción técnica almacenamiento provisional de residuos</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Balas redondas</th> <th>Balas rectangulares</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Propiedad de las balas:</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Mejor compactación - Mejor protección de la superficie externa. - Transporte y almacenamientos mas complicados - Fáciles de reabrir - Peso: 400–1.450 kg/Bala </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Transporte y almacenamiento sencillo - Baja estabilidad por el bobinado de alambre y la capa exterior como el único medio para enfardar </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Maquinarias / equipos necesarios</td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Estación de envoltura - Móvil - Robusta, bajo desgaste - Requisitos energéticos : ca. 1,5 kWh/bala - 20–35 Balas/h - No requiere chasis </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Contenedor o canal de compactación - inmóvil - Alto desgaste - Requisitos energéticos: ca. 15 kWh/Bala - 20–30 Bala/h - Requiere chasis o contenedor para la máquina </td> </tr> </tbody> </table> <p>El Embalaje de los materiales puede ser realizado es su lugar de origen o directamente en el lugar de almacenamiento. El tamaño de los residuos debe ser reducido antes del embalaje para facilitar su manipulación y evitar daños en la máquina embaladora y a la envoltura. El embalaje puede ser hacerse en balas redondas o rectangulares.</p> <p>Para almacenamientos a largo plazo (>1 año) el sitio debe tener una base de asfalto para proteger el suelo de posibles lixiviaciones. Esto tiene la ventaja adicional de una excelente accesibilidad al sitio, incluso en el caso de lluvias y en suelos no tan estables. El almacenamiento en vertederos regulares con sistemas de drenaje y recolección de lixiviados (ver hoja informativa: " vertedero para residuos no peligrosos")es una alternativa. La recolección de lixiviados puede hacerse por medio de canales en la base aislante. De ahí, los lixiviados fluyen a un depósito de recolección o una estación de tratamiento.</p>	Balas redondas	Balas rectangulares	Propiedad de las balas:		<ul style="list-style-type: none"> - Mejor compactación - Mejor protección de la superficie externa. - Transporte y almacenamientos mas complicados - Fáciles de reabrir - Peso: 400–1.450 kg/Bala 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte y almacenamiento sencillo - Baja estabilidad por el bobinado de alambre y la capa exterior como el único medio para enfardar 	Maquinarias / equipos necesarios		<ul style="list-style-type: none"> - Estación de envoltura - Móvil - Robusta, bajo desgaste - Requisitos energéticos : ca. 1,5 kWh/bala - 20–35 Balas/h - No requiere chasis 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenedor o canal de compactación - inmóvil - Alto desgaste - Requisitos energéticos: ca. 15 kWh/Bala - 20–30 Bala/h - Requiere chasis o contenedor para la máquina
Balas redondas	Balas rectangulares										
Propiedad de las balas:											
<ul style="list-style-type: none"> - Mejor compactación - Mejor protección de la superficie externa. - Transporte y almacenamientos mas complicados - Fáciles de reabrir - Peso: 400–1.450 kg/Bala 	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte y almacenamiento sencillo - Baja estabilidad por el bobinado de alambre y la capa exterior como el único medio para enfardar 										
Maquinarias / equipos necesarios											
<ul style="list-style-type: none"> - Estación de envoltura - Móvil - Robusta, bajo desgaste - Requisitos energéticos : ca. 1,5 kWh/bala - 20–35 Balas/h - No requiere chasis 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenedor o canal de compactación - inmóvil - Alto desgaste - Requisitos energéticos: ca. 15 kWh/Bala - 20–30 Bala/h - Requiere chasis o contenedor para la máquina 										

<p>CONTINUACIÓN DESCRIPCIÓN TÉCNICA</p>	<p>Los sectores donde ya no se apilan mas balas de residuos deben ser cubiertos con un folio de PE para cubrirlos de las precipitaciones y obtener protección adicional contra los rayos UV. También puede colocarse una cobertura de tierra (Ver imagen). Ambas medidas reducen la posibilidad de formación de canales de aires, los cuales representan un gran riesgo de incendio.</p> <p>Figura 1: Izquierda: Cobertura plástica /Derecha: Cubierta de tierra adicional (Fuente de imágenes: INTECUS GmbH)</p>  <p>La altura total de la pila de almacenamiento esta dada por la longitud del brazo de la grúa utilizada para su montaje y las propiedades estáticas de las balas. Hasta la fecha, se han echo pilas con una altura equivalente a 8 balas apiladas.</p> <p>El sitio de almacenamiento debe ser dividido en zonas de protección contra incendio (cada zona debe tener como máximo 2000 m²) con terraplenes anti incendio entre medio. La construcción de estos terraplenes debe hacerse en simultáneo con el apilamiento de las balas</p>		
<p>MATERIALES</p>	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p><u>Entrada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos sólidos - Película de envoltura, Geotextil, alambre para embalaje. - Cubierta de PE y suelo para cubrir </td> <td style="vertical-align: top; padding-left: 20px;"> <p><u>Salida</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos sólidos - Suelo utilizado como cobertura - Envoltura usada, residuos de geotextil y PE </td> </tr> </table>	<p><u>Entrada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos sólidos - Película de envoltura, Geotextil, alambre para embalaje. - Cubierta de PE y suelo para cubrir 	<p><u>Salida</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos sólidos - Suelo utilizado como cobertura - Envoltura usada, residuos de geotextil y PE
<p><u>Entrada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos sólidos - Película de envoltura, Geotextil, alambre para embalaje. - Cubierta de PE y suelo para cubrir 	<p><u>Salida</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Residuos sólidos - Suelo utilizado como cobertura - Envoltura usada, residuos de geotextil y PE 		
<p>ALCANCE</p>	<p>El rango de aplicación de estas tecnologías van desde un mínimo de 1.000 t /a (almacenamiento cerca de las plantas durante inspección) y hasta 400.000 t /a.</p>		
<p>INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<p>El almacenamiento provisional puede ser necesario antes de que los residuos sean tratados o antes de su disposición final. Antes de construir el sitio de almacenamiento se debe asegurar que la capacidad de tratamiento o de disposición necesarias para los residuos estarán disponibles antes de que termine el período permitido de almacenamiento. Almacenamiento innecesario o almacenamientos por un muy largo período de tiempo deben ser estrictamente evitados.</p>		
<p>PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS</p>			
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<p>Se necesita combustibles / energía para la operación de equipos técnicos y medidas de seguridad</p>		
<p>BALANCE DE CO₂</p>	<p>Pueden darse pequeñas emisiones de CO₂ y metano pero son despreciables</p>		
<p>ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Envoltura, geotextil o alambres - Material de suelo para cobertura - Equipos anti incendios 		
<p>RECURSOS HUMANOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 2 personas para el embalaje y la admisión en las instalaciones de almacenamiento - Personal de vigilancia y seguridad. 		

ESPACIO REQUERIDO	<p>Técnica de embalaje :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Balas redondas: 18 x 3 x 5 m - Balas rectangulares: 35 x 5 x 6 m <p>Espacio de almacenamiento: 0,1–0,8 m²/t (Según el material, los requisitos de protección contra incendios y la altura de la pila)</p>
CUIDADOS POSTERIORES	<ul style="list-style-type: none"> - Desmantelamiento controlado. - Restablecimiento de las condiciones naturales previas del sitio.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Generalmente bajos ya que el carácter temporal de las instalaciones de almacenamiento permite realizar el alquiler de los equipos.
COSTOS DE OPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - 20 a 50 EUR/t. Depende de la cantidad y el tipo de residuos almacenados (en 2008).
INGRESOS FINANCIAMIENTO POSIBLES	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando el almacenamiento provisional es realizado por terceros pueden obtenerse ingresos por cargos de recepción / almacenamiento.
COSTOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - 20 a 50 EUR/t in Depende de la cantidad y el tipo de residuos almacenados (en 2008).
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	<p>La construcción de instalaciones para el almacenamiento provisional de residuos es una medida muy común en grandes empresas de gestión de residuos tomadas cuando sus capacidades de tratamiento no son suficientes para el suministro de residuos o para cuando se realizan inspecciones o hay averías en las instalaciones.</p> <p>Las instalaciones de almacenamiento provisional pueden encontrarse en todo el mundo, Alemania erigió una capacidad de entre 2-4 millones de toneladas en el año 2006, pero desde el año 2009 todas las instalaciones de almacenamiento temporal fueron cerradas. Referirse aquí a una instalación en particular pierde sentido debido a que su carácter es temporal y es muy común que se remuevan después de un tiempo.</p>
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	<p>Proveedores de:</p> <p><u>Equipos compactadores-embaladores:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Schuster Engineering www.schusterengineering.de - EuRec Technology Sales & Distribution GmbH www.eurec-technology.com - PTF Häusser GmbH www.ptf-haesusser.de <p><u>Envolturas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - FRANPACK GmbH www.franpack.de - Manuli Stretch Deutschland GmbH www.manulistretch.com - R&S Kunststoff-Verarbeitung GmbH www.rs-kunststoffverarbeitung.de <p><u>Equipos manipuladores de balas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - C. Steffenewers GmbH & Co.KG www.steffenewers.de - Kurschildgen GmbH Hebezeugbau www.tigerhebezeuge.de - Kock & Sohn www.kock-sohn.de - Liebherr-International Deutschland GmbH www.liebherr.com

VERTEDEROS PARA RESIDUOS INERTES

FUNCIÓN OBJETIVOS:

- Vertido controlado y económico de materiales que necesita pocas medidas para asegurar la protección del medio ambiente

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrios	X ²	Envases ligeros		Residuos orgánicos	
Papel/cartón		Residuos domésticos mezclados		Residuos voluminosos	
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción/demolición	X ²
Aceites usados		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos					
Residuos industriales específicos	X	Por ejemplo, materiales plásticos que no pueden ser reutilizados ni tratados de otra manera			
Otros residuos	X	Por ejemplo, suelos de excavaciones, gravas, hormigones, asfaltos destruidos, rocas, ladrillos y escobros o residuos minerales o lodos de otros tratamientos.			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Cuidados posteriores necesarios:

Los cuidados posteriores comprenden el aseguramiento de el área, inspecciones regulares y monitoreo de los posos y otras instalaciones

Medidas de protección:

Protección contra las emisiones de sustancias en el agua, la tierra y el aire. Medidas para prevenir el ingreso y uso no autorizado de las instalaciones

Financiamiento posible:

Se puede lograr financiamiento por medio de aplicar impuestos, tasas y cargos al vertido

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Para el montaje de estas instalaciones debe considerarse:

- Espacio suficiente con las condiciones geológicas e hidrológicas mínimas requeridas.
- Deben ser instaladas a distancias suficientes de cualquier zona habitada.
- Deben ser accesibles a través de carreteras y, opcionalmente, a través de vías del tren.

Condiciones climáticas:

Sin limitaciones.


DETALLES TÉCNICOS

DESCRIPCIÓN GENERAL

RESUMEN

Estos vertederos son áreas designadas y instalaciones de ingeniería simple para la disposición de materiales minerales o que son inertes y no presentan riesgos potenciales para el medio ambiente. A menudo, éstos pueden ser sitios excavados o canteras o minas a cielo abierto abandonadas que cumplan los requisitos hidro-geológicos mínimos

² Solo disposición temporal, deben priorizarse opciones de reciclado o uso térmico de estos residuos

REQUISITOS BÁSICOS	<p>Requisitos de localización</p> <p>Condiciones hidro- geológicas adecuadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un suelo con una permeabilidad igual o menor de 10^{-7} m/s en estado sin perturbar y un espesor mínimo de 1 metro - Una capa mineral de drenaje de al menos 30 cm - Distancia suficiente hasta el agua subterránea,
RESULTADOS ESPERADOS	<ul style="list-style-type: none"> - Vertido controlado y de largo plazo de residuos con, solamente, pocas medidas especiales de protección necesarias.
VENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Relativamente fácil de concretar y económico - Puede ser cubierto con una capa recultivable después del cierre - Pocos cuidados posteriores
DESVENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - La demanda de espacio
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Un vertedero para residuos inertes consiste en tres sectores operativos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Área de entrada. - Área de almacenamiento. - Área de trabajo. <p>Las siguientes medidas constructivas son obligatorias para operar un vertedero de residuos inertes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El área debe ser cercada para evitar el ingreso de personas no autorizadas, - Las calles de ingreso deben ser diseñadas para vehículos pesados - Deben aplicarse medidas que eviten el ingreso de aguas superficiales de terrenos aledaños en el cuerpo del vertedero, especialmente durante lluvias intensas. <p>La estructura básica de un vertedero de residuos inertes se presenta en la figura 1.</p> <p>Figura 2: Estructura básica para el vertido de residuos inertes (De acuerdo con ordenanza alemana)</p>  <p>Una vez que el vertido de residuos se ha completado en una sector del vertedero o en su totalidad, una capa de de aislamiento superficial se montará de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si es necesario una capa niveladora de 0,5 m. - Una capa recultivable de tierra de 1 m de espesor y , si es necesario, una capa de drenaje de 0,3 m colocada debajo de la capa de tierra.

	La ubicación de un vertedero de residuos inertes debe ser elegida considerando una operación activa de 10 a 15 años para asegurar la amortización de la inversión para su montaje y cierre (Calles de acceso, sistemas de drenaje, cercado, plataforma de pesaje, etc.). El tamaño del área y las instalaciones dependen cada situación en particular como, por ejemplo, la cantidad de materiales a depositar.
INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS	Estos vertederos pueden combinarse con cualquier instalación adecuada para el tratamiento de los materiales a depositar
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	<p><u>Ingreso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Energía, por ejemplo, combustibles para los equipos de vertido, electricidad <p><u>Salida</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - No hay posibilidad de recuperación de energía ya que se genera ningún o poco gas del relleno.
BALANCE DE CO ₂	Sin relevancia. Muy pocas cantidades emitidas
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	- Cubiertas y materiales de aislamiento ya mencionados..
RECURSOS HUMANOS	<p>El requerimiento de personal depende, especialmente, del tamaño del vertedero. El operador del vertedero debe asegurar en todo momento que personal calificado se encuentra disponible para el control y monitoreo de los procesos operativos, para prevenir accidentes y limitar sus consecuencias. El personal debe realizar cursos periódicamente (como mínimo cada 2 años)</p> <p>Para instalaciones con un ingreso de 500.000 t anuales, el numero de personas requerido es de 8–10 empleados, con al menos, 1 jefe ingeniero, 3 personas calificadas para el registro (pesaje) y recepción de materiales, 3 operadores/mecánicos de máquinas más los ayudantes necesarios.</p>
ESPACIO REQUERIDO	<p>El espacio requerido depende de la capacidad estimada de las instalaciones y el perfil del área de vertido. Generalmente, se necesita de mayor espacio para colocar residuos en áreas planas que en áreas excavadas, valles o canteras abandonadas.</p> <p>Como ejemplo explicativo, se necesita un área de depósito de 42,000 m² y un área total de operación de 55.000 m² para un vertedero con capacidad para 340,000 m³ y alrededor de 30.000 t de ingresos anuales depositados con una altura de 15m. Para una capacidad de vertido de 2 millones de m³, se estima un área necesaria de 240.000 m².</p> <p>Para operar un vertedero se necesita espacio adicional para otras actividades como :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de suministro (Agua fresca, Electricidad), - Conexiones para carretera, vías de tren y/o cursos de agua, - Recepción de lixiviados, monitoreo de aguas subterráneas y cinturones verdes.
CUIDADOS POSTERIORES	El vertedero debe ser cercado. E inspecciones regulares y monitoreos deben realizarse
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIONES	<p>Los costos de inversión dependen de las condiciones locales y la capacidad estimada. Los costos serán</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adquisición y preparación del área - Construcciones: Estos deben ser mucho menores que para vertederos sanitarios o para residuos mezclados (Ver hoja informativa "Vertederos para residuos no peligrosos") - Equipamiento: Usualmente pala cargadora sobre ruedas y sistemas de pesaje en el portón de ingreso.

COSTOS DE OPERACIÓN	Estos dependen de la capacidad planificada y el equipamiento utilizado. Los costos de operar, mantener y de personal deberían estar bien por debajo en comparación con vertederos para residuos no peligrosos, sobre todo por la baja demanda de cuidados necesarios. (Ver hoja informativa " Vertederos para residuos no peligrosos)
INGRESOS FINANCIAMIENTO POSIBLES	- A partir de tarifas de descarga y posibles impuestos por el vertido
COSTOS ESPECÍFICOS	- Según la experiencia europea los costos no deberían sobrepasar los 10 € por tonelada de material depositado (al 2008)
OTROS ASPECTOS RELEVANTES	
	Durante la búsqueda y selección de una localidad adecuada, debe considerarse suficiente espacio de reserva por si posteriormente pueden instalarse instalaciones para el pre-tratamiento de los materiales a depositar
INFORMACIÓN ADICIONAL	
INFORMACIÓN DE MERCADO	
APLICACIONES PRINCIPALES	La mayoría de los países de la UE operan instalaciones para el vertido de residuos inertes. Incluido Alemania tiene varios. Por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> - Zweckverband für Abfallwirtschaft Kempten, Deponie Steinegaden www.zak-kempten.de - Boden- und Bauschuttdeponie "Sundern – Meinkenbracht“ der Sauer & Sommer Straßen – und Tiefbau GmbH - Deponie Dersenow der RBS Bodenverwertungs GmbH www.rbsfirmengruppe.de
EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS <i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i>	En Alemania hay numerosas firmas que producen y/o ofrecen elementos técnicos, construcción y otros servicios para el montaje de estos vertederos. Algunos ejemplos : <ul style="list-style-type: none"> - TD Umwelttechnik GmbH & Co. KG www.trisoplast.de - Bickhardt Bau AG www.bickhardt-bau.de - Kügler & Belouschek www.kuegler-textoris.de
DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA	
Una lista de compañías dedicadas a la construcción de vertederos y más información del tema pueden obtenerse en: <ul style="list-style-type: none"> - AK GWS Arbeitskreis Grundwasserschutz e.V. www.akgws.de - Überwachungsgemeinschaft Bauen für den Umweltschutz BU www.ueberwachungsgemeinschaft-bu.de 	

VERTEDEROS PARA RESIDUOS NO PELIGROSOS

FUNCIÓN OBJETIVOS.

- El vertido/disposición final de manera controlada y segura de residuos no peligrosos, que solo requiere un mínimo esfuerzo para asegurar una adecuada protección al medio ambiente

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio	X ³	Envases ligeros	X ¹	Residuos orgánicos	X ⁴
Papel / cartón	X ¹	Residuos domésticos mezclados	X	Residuos voluminosos	X ¹
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices		Neumáticos usados	
Residuos peligrosos	X ⁵				
Residuos industriales específicos	X	Por ejemplo: Algunos materiales plásticos que no pueden ser tratados o reutilizados			
Otros residuos					

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

Un pre tratamiento (tratamientos térmicos o biomecánicos) debería ser aplicado para minimizar el impacto ambiental del vertedero, sobre todo por la emisión de gases invernadero y de lixiviados. Varios países europeos, incluido Alemania, han echo de esto una condición para habilitar para el vertido de cualquier residuo que contenga materiales biodegradables

Cuidados posteriores.

Los cuidados necesarios comprenden primero salvaguardar el área del vertedero, luego, inspecciones regulares y monitoreos de los pozos y otras instalaciones de control.

Medidas de protección:

Protección contra las emisiones de sustancias en el agua, la tierra y el aire. Medidas para prevenir el ingreso y uso no autorizado de las instalaciones

Financiamiento posible:

Se puede lograr financiamiento por medio de aplicar impuestos, tasas y cargos al vertido

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Para el montaje de estas instalaciones debe considerarse:

- Espacio suficiente con las condiciones geológicas e hidrológicas mínimas requeridas.
- Deben ser instaladas a distancia suficiente de cualquier zona habitada.
- Deben ser accesibles a través de carreteras y opcionalmente, vías del tren.

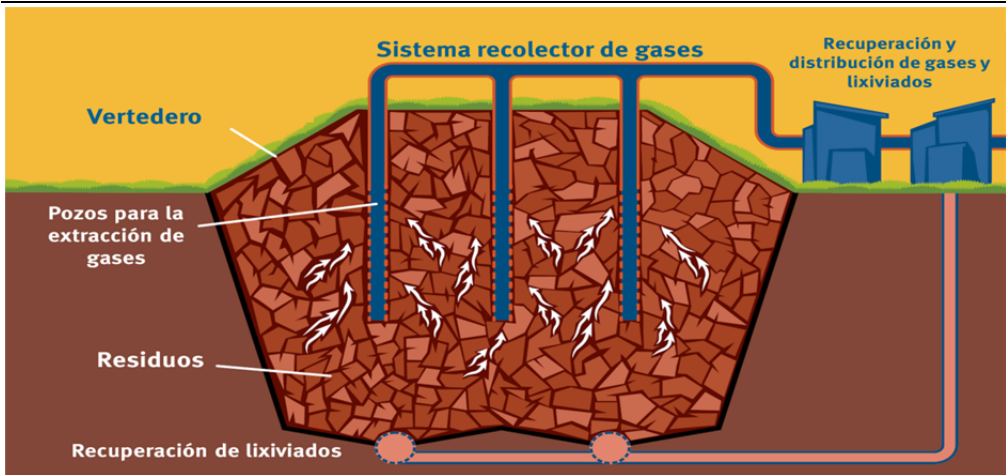
Condiciones climáticas:

Sin limitaciones.

³ Las cantidades a depositar depende del nivel de separación de residuos obtenido. Deben priorizarse las opciones de recuperación, reciclado del material o reutilización posibles.

⁴ Las cantidades a depositar depende del nivel de separación de residuos obtenido. Sin embargo, para minimizar el impacto ambiental de los vertederos, estos residuos deben ser reciclados o como mínimo pre-tratados antes de verterlos,

⁵ Solo es posible cuando los residuos son estables e inertes y el criterio de aceptación para residuos no peligrosos es alcanzado.

DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	Los vertederos sanitarios son áreas especialmente diseñadas, con las instalaciones adecuadas para el vertido de residuos sólidos no peligrosos de manera sistemática y controlada con el propósito de eliminar los riesgos de salud pública e impacto ambiental y evitar la contaminación de suelos y aguas subterráneas. En los rellenos sanitarios, los residuos son vertidos en capas, compactadas y cubiertas por un material al final de cada día operado.
REQUISITOS BÁSICOS	<p><u>Requerimientos de su localización:</u> Condiciones hidro-geológicas adecuadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un suelo base con una permeabilidad $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9} \text{m/s}$ en un estado sin perturbar y con un espesor mínimo de 1 m - Suficiente distancia a aguas subterráneas, - Una base aislante y una capa de drenaje.
RESULTADOS ESPERADOS	Eliminar los riesgos a la salud pública y el impacto ambiental y minimizar las molestias que generan estos residuos por medio de una disposición controlada y a largo plazo sin contaminar aguas superficiales ni subterráneas.
VENTAJAS ESPECÍFICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Disposición segura de residuos sólidos. - Prevención de emisiones dañinas por medio de medidas de protección especiales tal como el material aislante en la base, el sellado superficial y los sistemas de recolección de efluentes y gases. - Seguridad a largo plazo a través de cuidados posteriores y medidas de seguridad, como, la cobertura mineral. - Económicamente mas ventajoso en comparación con otras opciones de tratamiento más caras.
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere controles y cuidados por mucho tiempo. - Generación de gases invernadero. - El comportamiento de los residuos dentro de el vertedero es bastante incierto.
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p>Los vertederos sanitarios son diseñados de forma tal que se toman las precauciones necesarias para el aislamiento de la base y los laterales y el drenaje del cuerpo del vertedero. Además, se instalan componentes técnicos para la recolección de los lixiviados y gases generados. La figura 1 ilustra un esquema básico para el montaje de los sistemas de recolección.</p> <p>Figura 3: Componentes de un vertedero normalizado de residuos no peligrosos</p>  <p>El diagrama muestra un corte transversal de un vertedero con varias capas. En la parte superior, se indica 'Vertedero'. Debajo de la capa de residuos, se ven 'Pozos para la extracción de gases' que conectan con un 'Sistema recolector de gases' que conduce a 'Recuperación y distribución de gases y lixiviados'. También se muestra un sistema de 'Recuperación de lixiviados' que recoge los líquidos filtrados desde la base del vertedero.</p>

CONTINUACIÓN
DESCRIPCIÓN
TÉCNICA

Construcción de base de aislamiento combinado

La figura 2 muestra el principio de construcción de una base de aislamiento combinado para un vertedero sanitario. El aislamiento se monta sobre la base del vertedero

Figura 4: Aislamiento combinado para vertedero sanitario (Según ordenanzas para vertederos de Alemania)



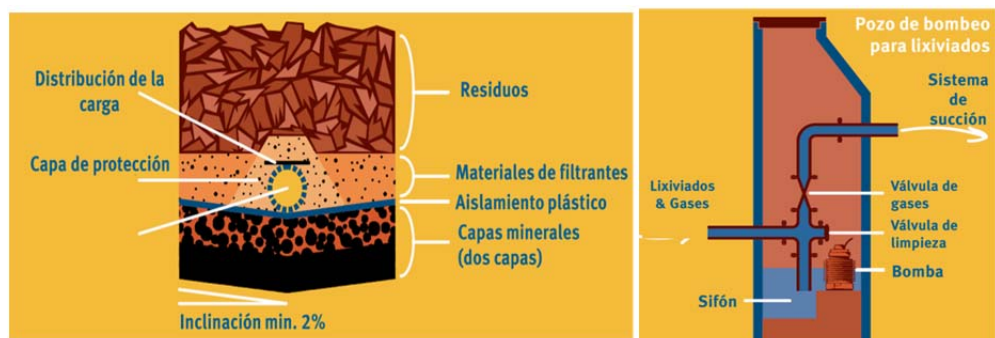
La capa inferior del aislamiento está formada por tres capas de minerales con un espesor total de 0,75 m cubiertas por una capa plástica (HDPE) con un espesor mínimo de 2,5 mm. La permeabilidad debe ser $k_f \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s. El aislamiento plástico debe ser protegido con una capa de arena fina o material similar. Sobre esta, debe colocarse una capa de drenaje compuesta por grava con un índice de permeabilidad de $k_f \leq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Dentro de esta capa se colocan los tubos de drenaje para la recolección por gravedad de los líquidos.

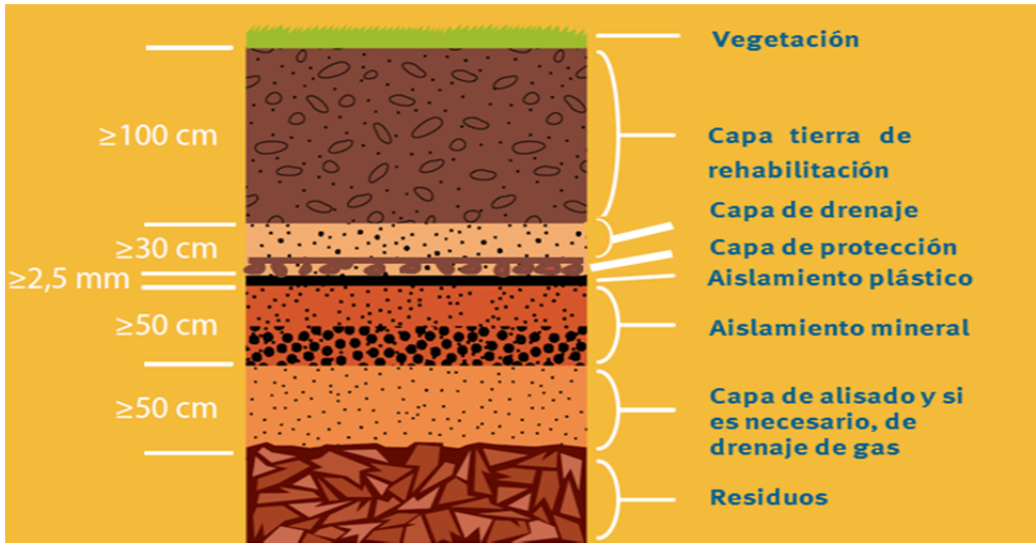
Construcción de los sistemas de drenaje

La figura 3 muestra las instalaciones técnicas para la recolección de lixiviados. Los sistemas de recolección consisten en piso drenante, pozos de control y monitoreo, estaciones de bombeo (caja de recolección y succión) y recipientes de almacenamiento (piletas de reacción y sedimentación). Los sistemas de recolección son utilizados para extraer los lixiviados del interior del vertedero y prevenir la generación de presiones hidrostáticas no convenientes en la base del vertedero.

La figura 3 muestra las instalaciones técnicas para la recolección de lixiviados. Los sistemas de recolección consisten en la capa drenante, pozos de control y monitoreo, estaciones de bombeo (Cajas de recolección y succión) y recipientes de almacenamiento (piletas de reacción y sedimentación). Los sistemas de recolección son usados para remover los lixiviados del interior del vertedero y para prevenir el desarrollo de presiones hidroestáticas no convenientes en la base del vertedero.

Figura 5: izquierda: Sistema de drenaje / derecha: Estación de bombeo para agua gravitacional y lixiviados



<p>CONTINUACIÓN DESCRIPCIÓN TÉCNICA</p>	<p>Construcción del aislamiento superficial</p> <p>La figura 4 muestra una manera de montar el aislamiento superficial de este tipo de vertedero. Una vez que la disposición de material se ha completado en un sector o en la totalidad del vertedero, una aislación superior debe montarse de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,5 m de espesor para capa de emparejamiento - 0,3 m de espesor para capa de grava o material similar para el drenaje de gases, - 0,5 m de espesor para una capa mineral con una permeabilidad $k_f \leq 5 \cdot 10^{-9}$ m/s, cubierta por un aislamiento plástico, - 0,3 m de espesor para capa de drenaje con permeabilidad $k_f \leq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s, - 1 m de espesor para capa de tierra recultivable <p>Figura 6: Construcción del aislamiento superior de un vertedero sanitario (según las ordenanzas de Alemania)</p> 
<p>ALCANCE</p>	<p>La ubicación debe elegirse teniendo en cuenta un tiempo de operación mínimo de 10 años, mejor 15–20 años, para asegurar la amortización de la inversión por el montaje y el cierre del vertedero (calles de acceso, sistemas de drenaje, cercado, plataforma de pesaje, medidas de protección posteriores, etc). El tamaño del área debe ser determinado según las circunstancias locales, como la cantidad de material a depositar.</p>
<p>INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS</p>	<p>Estos vertederos pueden combinarse con cualquier instalación adecuada para el tratamiento de los materiales a depositar</p>
<p>PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS</p>	
<p>BALANCE ENERGÉTICO</p>	<p>Ingreso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energía, por ejemplo, combustibles para los equipos de vertido, electricidad <p>Salida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energía eléctrica de la utilización de los gases recolectados y energía térmica en caso de un sistema de cogeneración
<p>BALANCE DE CO₂</p>	<p>Debido a las emisiones de gases (metano, CO₂, H₂S) hay un balance negativo. El vertido de residuos municipales sin ningún pretratamiento es considerado como un gran contribuyente de gases invernaderos en el mundo, especialmente si los sistemas de recolección de gases no son eficientes.</p>

RECURSOS HUMANOS	<p>El requerimiento de personal depende del tamaño de las instalaciones. Para un vertedero que recibe 500,000 t / a , el número de empleados necesarios es de 12-14 personas incluyendo un ingeniero jefe, 3 personas capacitadas para el registro (pesaje) y recepción de los materiales recibidos, 3 operadores / mecánicos de los equipos técnicos más los ayudantes necesarios.</p> <p>Si las plantas de tratamiento de lixiviados y de gases se encuentran lejos del vertedero más personal será necesario, incluyendo a 1 ingeniero jefe , 2 empleados capacitados para operar las maquinarias y los ayudantes necesarios. Además se necesitará personal para el control del portón de ingreso y para administración.</p>
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	<ul style="list-style-type: none"> - Cubiertas y materiales aislantes ya mencionados
ESPACIO REQUERIDO	<p>El espacio necesario depende de la capacidad del vertedero. Para un vertedero que recibe 110.000 m³ / a de residuos y 20 años de operación necesita un espacio aproximado de de 200.000 m².</p> <p>Espacio adicional es necesario para:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones para agua fresca y electricidad - Acceso por carretera y opcionalmente acceso a vías ferroviarias y cursos de agua navegables.
CUIDADOS POSTERIORES	<p>El vertedero debe ser cercado, deben realizarse inspecciones regulares (en intervalos de medio a 1 año) y monitoreos de pozos y de otras instalaciones de control. Estas medidas deben tomarse mientras todavía existan riesgos potenciales.</p> <p>El monitoreo debería hacerse por 20 a 30 años después del cierre del vertedero. En circunstancias normales las expensas por cuidados posteriores deberían alcanzar un nivel bajo y estable después de 80–100 años después del cierre, dependiendo del material vertido.</p>
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	<p>Los costos de inversión de un vertedero dependen fuertemente del tamaño del mismo, el tiempo estimado de vida útil y las condiciones de mercado. Pueden seguirse los siguientes valores orientativos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de aislamiento superficial: mas de 35 millones de euros (por ej. Vertedero “flotzgrün”) - Aislamiento combinado de base: mas de 48 millones de euros (por ej. Vertedero “nord”)
COSTOS DE OPERACIÓN	<p>Se dan ejemplos de costos de operación anuales (al 2008):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costos de operación: ca. 400.000 Euro - Reparación y mantenimiento: ca. 1,2 Millones. Euro - Personal y administración: ca. 250.000 Euro
INGRESOS FINANCIAMIENTO POSIBLES	<ul style="list-style-type: none"> - A partir de tarifas de descarga, posibles impuestos por el vertido y tarifas por la electricidad generada

**COSTOS
ESPECÍFICOS**

Los siguientes estimaciones generales pueden usarse como indicativos del costo total (al 2008):

Tabla 2: Costos del vertido de residuos

Ingreso anual de residuos para depositar [m ³ /a]	50.000	250.000
Inversión estimada [millones de Euro] para:		
Selección del sitio, estudio del sitio, obtención de permisos	2,6	8,0
Planificación de construcción, supervisión y aseguramiento de calidad	77,	133,0
Equipos de operación, cierre y reactivación	61,0	110,0
Equipos de monitoreo, Recolección de gases/lixiviados y tratamiento	74,0	123,0

OTROS ASPECTOS RELEVANTES

Durante la búsqueda y selección de una localidad adecuada debe considerarse suficiente espacio de reserva por si posteriormente pueden instalarse instalaciones para el pre-tratamiento de los materiales a depositar

INFORMACIÓN ADICIONAL**INFORMACIÓN DE MERCADO****APLICACIONES
PRINCIPALES**

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

En Alemania un gran número de vertederos de residuos no peligrosos fueron cerrados en el año 2005 debido a la limitación legal de el vertido de residuos sin tratar. Algunos ejemplos de vertederos que actualmente son llenados con residuos pre-tratados son:

- RAVON: www.ravon.de
- Abfallwirtschaftsgesellschaft des Kreises Warendorf mbH (Zentraldeponie Ennigerloh) www.awg-waf.de
- Deponie Pohlsche Heide: www.pohlsche-heide.de
- Zentraldeponie Cröbern Zweckverband Abfallwirtschaft Westsachsen) www.wev-sachsen.de

**EMPRESAS
PROVEEDORAS
RECONOCIDAS**

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

Numerosas firmas en alemanian producen u ofrecen componentes técnicas especiales, construcción y otros servicios para el montaje y la operación segura de los vertederos sanitarios. Algunos son:

Proveedores de aislantes plásticos:

- GSE Lining Technology GmbH www.gseworld.com
- Naue Fasertechnik GmbH & Co. KG www.naue.com

Colocación de aislamiento plástico:

- G² G-quadrat Geokunststoffgesellschaft GmbH www.gquadrat.de
- NAUE Sealing GmbH & Co. KG www.nauesealing.com
- von Witzke GmbH & Co www.vonwitzke.de
- SIEBERT + KNIPSCHILD GmbH www.ibsiebert.de

Colocación aislamiento mineral

- TD Umwelttechnik GmbH & Co. KG www.trisoplast.de
- Bickhardt Bau AG www.bickhardt-bau.de
- Kügler & Belouschek www.kuegler-textoris.de

Recolección y utilización del gas del vertedero

- Haase Energietechnik AG www.bmf-haase.de
- LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH www.lambda.de
- Green Gas Germany GmbH www.greengas.net

DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA

Una lista de compañías dedicadas a la construcción de vertederos y más información del tema pueden obtenerse en:

- AK GWS Arbeitskreis Grundwasserschutz e.V.
- Überwachungsgemeinschaft Bauen für den Umweltschutz BU

www.akgws.de
www.bu-umwelt.de

VERTEDEROS PARA RESIDUOS PELIGROSOS

OBJETIVO,
FUNCIÓN:

- Disposición/almacenamiento permanente y seguro para el medio ambiente de residuos peligrosos.

DESCRIPCIÓN DEL MARCO DE APLICACIÓN

APLICABLE PARA LOS SIGUIENTES TIPOS DE RESIDUOS

Vidrio		Envases ligeros	X ⁶	Residuos orgánicos	X ⁷
Papel / cartón		Residuos domésticos mezclados		Residuos voluminosos	X
Lámparas		Textiles		Aparatos eléctricos y electrónicos	
Chatarra		Maderas		Construcción / demolición	
Aceites		Pinturas / barnices	X ⁸	Neumáticos usados	
Residuos peligrosos	X				
Residuos industriales específicos	X	Efluentes y lodos industriales, materiales contaminados			
Otros residuos	X	Materiales peligrosos, cenizas contaminadas, escorias y residuos de otros procesos			

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES Y REQUISITOS DE UTILIZACIÓN

Pre-tratamiento de los residuos:

- Si es necesario, pueden estabilizarse los residuos por medio de el uso de “Big-Bags” (Ver hoja informativa “**Big Bag**”), barriles o otros contenedores adecuados en caso de disposición subterránea
- Si es necesario, se humedecen los residuos para evitar el escape de polvos o, en el caso de almacenamiento superficial, el llenado de “Big Bags” con residuos con polvos peligrosos.

Cuidados posteriores:

Los cuidados necesarios comprenden primero salvaguardar el área del vertedero, luego, inspecciones regulares y monitoreos de los pozos y otras instalaciones de control. Estas medidas deben tomarse mientras existan daños potenciales.

Medidas de protección especiales:

Protección contra las emisiones de sustancias en el agua, la tierra y el aire. Medidas para prevenir el ingreso y uso no autorizado de las instalaciones

Financiamiento posible:

Se puede lograr financiamiento por medio de aplicar impuestos, tasas y cargos al vertido

LIMITACIONES O INFLUENCIA DE FACTORES EXTERNOS EN LA UTILIZACIÓN

Infraestructura:

Para el montaje de estas instalaciones debe considerarse:

- Espacio suficiente con las condiciones geológicas e hidrológicas mínimas requeridas.
- Deben ser instaladas a suficiente distancias de zonas habitadas.
- Deben ser accesibles a través de carreteras y si se quiere, vías del tren.

Condiciones climáticas:

Sin limitaciones.

⁶ No propiamente vaciados o llenados

⁷ Potencialmente infecciosos o contaminados

⁸ Encapsulados

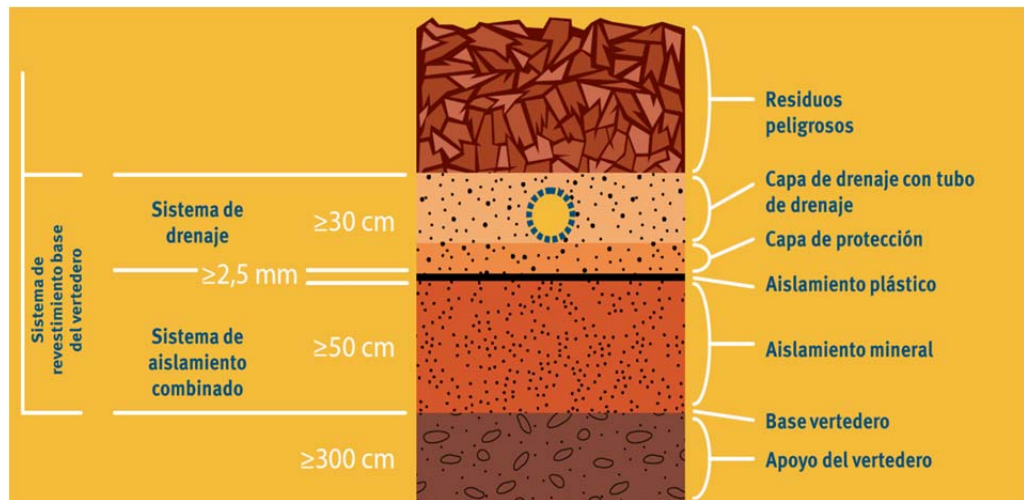
DETALLES TÉCNICOS	
DESCRIPCIÓN GENERAL	
RESUMEN	Un vertedero para residuos peligrosos es un sitio especialmente diseñado y protegido para la disposición segura de residuos peligrosos o potencialmente peligrosos, que no pueden ser tratados para que pierdan el daño potencial al medio ambiente. Estos tipos de vertederos tienen estructuras y/o materiales diferentes, según el tipo de residuo a almacenar, para reducir la emisión de elementos nocivos al medio ambiente. Pueden establecerse como sitios de almacenamiento provisional o definitivo.
REQUISITOS BÁSICOS	<p><u>Requerimientos de su ubicación:</u> Condiciones hidro-geológicas adecuadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No en zonas kársticas - No en zonas de protección y/o captación de agua - No en zonas propensas a inundaciones - No en zonas con fallas geológicas, zonas de actividad tectónica o áreas en las cuales haya actividad minera. - El suelo por debajo debe tener una baja permeabilidad (índice de permeabilidad $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s) y un espesor ≥ 5 metros <p><u>Base con sistema de sellado (combinación de aislamiento y drenaje)</u> <u>Distancia segura a zonas habitadas</u></p>
RESULTADOS ESPERADOS	Eliminar los riesgos ambientales y a la salud y minimizar los inconvenientes provenientes de los residuos peligrosos o potencialmente peligrosos por medio de un almacenamiento prolongado y controlado sin contaminar aguas superficiales o subterráneas
VENTAJAS ESPECIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Disposición segura de residuos peligrosos o potencialmente peligrosos. - Prevención en la generación de emisiones peligrosas por medio de medidas especiales como el sellado de base, aislamiento superficial y sistemas de recolección de gases y efluentes - Protección a largo plazo por medio de cuidados posteriores y medidas de seguridad especiales - Método más económico en comparación con otros métodos de tratamiento
DESVENTAJAS ESPECÍFICAS	- Requiere cuidados y controles intensivos y por mucho tiempo
DETALLES DE USO	
DESCRIPCIÓN TÉCNICA	<p><u>Diseño y componentes de un vertedero de residuos peligrosos (sobre el suelo)</u></p> <p>Figura 7: Esquema básico de un vertedero para residuos peligrosos (superficial)</p>

CONTINUACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Esquema de una base de aislamiento combinado

Figura 3 muestra las partes básicas de un sistema de aislamiento combinado de la base de un vertedero para prevenir el escape de lixiviados en los suelos y aguas subterráneas durante y después del llenado del vertedero.

Figura 8: Sección transversal del sistema de aislamiento en la base (Según las ordenanzas alemanas sobre vertederos)



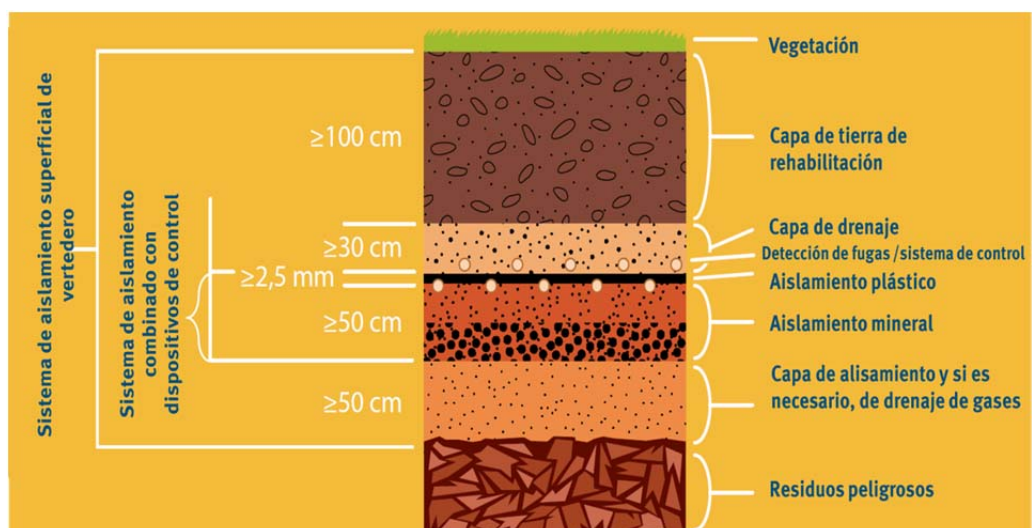
La tasa de compactación en la superficie por sobre el vertedero debe de dar un proctor de 95%. El aislamiento de la base debe ser montado sobre la base del vertedero y debe estar compuesto por los siguientes elementos:

- 50 cm de espesor de aislamiento mineral (valor de $k_f \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s)
- 2,5 mm de espesor de capa plástica
- 30 cm de espesor de la capa de drenaje (Incluyendo una capa protectora de arena o de un material similar) de grava o otro tipo de roca triturada con un índice de permeabilidad no menor a $k_f \leq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s
- Tubos de drenajes que puedan ser controlados y lavados (Ver hoja informativa „Vertederos de residuos no peligrosos“)

Construcción del sellado superficial

La Figura 4 muestra un posible esquema de aislamiento superficial, para un vertedero de residuos peligrosos, para protegerlos de infiltraciones y del clima. Y para prevenir emisiones de gases no controladas del cuerpo del vertedero.

Figura 9: Esquema del aislamiento superficial de un vertedero de residuos peligrosos (Según ordenanzas alemanas para vertederos)



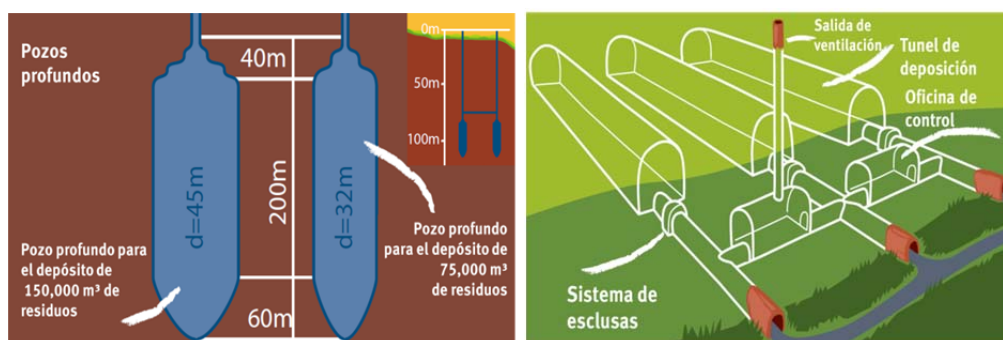
Cuando se completa el vertido de residuos en una sección o en todo el vertedero, debe montarse un aislamiento superficial con los siguientes componentes:

- 0,5 m de espesor de capa de alisamiento, si es necesario integrando una capa de drenaje (de grava)
- 0,5 m de espesor de capa aislante mineral (o algún material parecido) con un índice de permeabilidad $k_f \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s
- 2,5 mm mínimo de espesor de capa de aislante plástico con sistemas de control y detección de fugas.
- 0,3 m de espesor de capa de drenaje $k_f \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s
- 1 m de espesor de capa de rehabilitación formada por suelo cultivable

Diseño estructural de pozos profundos y túneles (disposición subterránea) Figura 6 ilustra dos posibilidades para la disposición subterránea de residuos peligrosos en pozos profundos y túneles. Los pozos profundos o cavernas (en general, cavernas de sal) son cavidades artificiales (Pore j. Antiguas minas de sal) que pueden ser utilizados para la disposición de residuos sólidos.

Los depósitos subterráneos son especialmente adecuados para almacenar residuos que tienen un daño potencial al medio ambiente (especialmente agua y aire) que incluso presentan un riesgo si se almacenan en la superficie bajo condiciones controladas o su tratamiento es muy costoso.

Figura 10: izquierda: Pozos profundos / derecha: Túnel



Los depósitos subterráneos están compuesto por 3 sectores:

- Área de ingreso con espacio para camiones, plataforma de pesaje, oficina de registro y instalaciones de laboratorio para la toma y el almacenamiento de muestras
- Área de trabajo con instalaciones para abrir, transferir el contenido, vaciar y limpiar los contenedores de transporte
- Área de almacenamiento con espacio para el almacenamiento provisional de los residuos a depositar, tratar o incinerar.

ALCANCE

La ubicación debe elegirse teniendo en cuenta un tiempo de operación mínimo de 10 años, mejor 15–20 años, para asegurar la amortización de la inversión por el montaje y el cierre del vertedero (calles de acceso, sistemas de drenaje, cercado, plataforma de pesaje, medidas de protección posteriores, etc). El tamaño del área debe ser determinado según las circunstancias locales, como la cantidad de material a depositar o el método de disposición (subterráneo o superficial)

INTERACCIÓN CON OTRAS TÉCNICAS

Las instalaciones de estos vertederos pueden incluir plantas de pre tratamiento de los residuos a depositar.

PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: USO DE RECURSOS	
BALANCE ENERGÉTICO	<p><u>Ingreso:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Energía, por ejemplo, combustibles para los equipos de vertido, electricidad <p><u>Salida:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Energía eléctrica de la utilización de los gases recolectados y energía térmica en caso de un sistema de cogeneración
BALANCE DE CO ₂	Debido a las emisiones de gases (metano, CO ₂ , H ₂ S) hay un balance negativo. El vertido de residuos municipales sin ningún pretratamiento es considerado como un gran contribuyente de gases invernaderos en el mundo, especialmente si los sistemas de recolección de gases no son eficientes.
RECURSOS HUMANOS	El personal necesario depende especialmente en el diseño de las instalaciones, que en este caso pueden ser muy diferentes. Para un vertedero donde se reciben 110.000 m ³ se necesitan 5 o 6 empleados capacitados.
ELEMENTOS ADICIONALES NECESARIOS	- Cubiertas y materiales aislantes ya mencionados
ESPACIO REQUERIDO	El espacio necesario depende de la capacidad del vertedero. Para un vertedero que recibe 110.000 m ³ / a de residuos y 20 años de operación necesita un espacio aproximado de de 200.000 m ² . Espacio adicional es necesario para: <ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones para agua fresca y electricidad - Acceso por carretera y opcionalmente acceso a vías ferroviarias y cursos de agua navegables.
CUIDADOS POSTERIORES	Los cuidados posteriores incluyen la aseguración de la zona, inspecciones regulares y el monitoreo de las aguas subterráneas Estos cuidados deben ser realizados, principalmente, mientras sigan existiendo daños potenciales. Bajo circunstancias normales, los costos por estos cuidados deberían caer a un nivel bajo y estable, dependiendo del material depositado.
PUNTOS A CONSIDERAR PARA SU OPERACIÓN: COSTOS	
INVERSIÓN	Los costos de inversión de un vertedero dependen fuertemente del tamaño del mismo, el tiempo estimado de vida útil y las condiciones de mercado. Pueden seguirse los siguientes valores orientativos. <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de aislamiento superficial: mas de 35 millones de euros (por ej. Vertedero “flotzgrün”) - Aislamiento combinado de base: mas de 48 millones de euros (por ej. Vertedero “nord”)
COSTOS DE OPERACIÓN	Los costos de operación anuales estimados son (2008) : <ul style="list-style-type: none"> - Costos de operación: ca. 400.000 Euro - Reparación y mantenimiento: ca. 1,2 Millones Euro - Personal y administración: ca. 250.000 Euro
INGRESOS FINANCIAMIENTO POSIBLES	- A partir de tarifas de descarga, posibles impuestos por el vertido y tarifas por la electricidad generada.

**COSTOS
ESPECÍFICOS**

Los siguientes estimaciones generales pueden usarse como indicativos del costo total (al 2008):

Tabla 3: Costos del vertido de residuos

Ingreso anual de residuos para depositar [m ³ /a]	50.000	250.000
Inversión estimada [millones de Euro] para:		
Selección del sitio, estudio del sitio, obtención de permisos	2,6	8,0
Planificación de construcción, supervisión y aseguramiento de calidad	77,0	133,0
Equipos de operación, cierre y reactivación	61,0	110,0
Equipos de monitoreo, Recolección de gases/lixiviados y tratamiento	74,0	123,0

INFORMACIÓN ADICIONAL**INFORMACIÓN DE MERCADO****APLICACIONES
PRINCIPALES**

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

La mayoría de los países europeos cuentan con instalaciones para el almacenamiento y la disposición segura de residuos peligrosos. En Alemania:

Vertederos superficiales:

- HIM GmbH www.him.de
- GSB - Sonderabfall-Entsorgung Bayern GmbH www.gsb-mbh.de
- GBS Gesellschaft zur Beseitigung von Sonderabfällen mbH www.sad-rondeshagen.de

Disposición subterránea:

- K+S Entsorgung GmbH www.ks-entsorgung.com
- GSES GmbH www.gses.de
- Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co. KG www.grube-teutschenthal.de

**EMPRESAS
PROVEEDORAS
RECONOCIDAS**

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

En Alemania hay numerosas empresas que proveen componentes técnicos especiales y servicios de construcción y de operación segura de este tipo de instalaciones para la disposición segura de residuos peligrosos. Por ejemplo:

Proveedores de aislantes plásticos:

- GSE Lining Technology GmbH www.gseworld.com
- Naue Fasertechnik GmbH & Co. KG www.naue.com

Proveedores de sistemas de detección y control de fugas

- PROGEO Monitoring GmbH www.progeo.com
- SENSOR Dichtungs - Kontroll - Systeme GmbH www.sensor-dks.com

Colocación de aislamiento plástico:

- G² G-quadrat Geokunststoffgesellschaft GmbH www.gquadrat.de
- NAUE Sealing GmbH & Co. KG www.nauesealing.com
- von Witzke GmbH & Co www.vonwitzke.de
- SIEBERT + KNIPSCHILD GmbH www.ibsiebert.de

Colocación aislamiento mineral

- TD Umwelttechnik GmbH & Co. KG www.trisoplast.de
- Bickhardt Bau AG www.bickhardt-bau.de
- Kügler & Belouschek www.kuegler-textoris.de

Recolección y utilización del gas del vertedero

- Haase Energietechnik AG www.bmf-haase.de
- LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH www.lambda.de
- Green Gas Germany GmbH www.greengas.net

DOCUMENTOS DE REFERENCIA Y CONSULTA

Una lista de compañías dedicadas a la construcción de vertederos y más información del tema pueden obtenerse en:

- AK GWS Arbeitskreis Grundwasserschutz e.V.
- Überwachungsgemeinschaft Bauen für den Umweltschutz BU

www.akgws.de
www.bu-umwelt.de

Gestión de flujos de residuos específicos

Una parte importante de la gestión sustentable de los residuos es monitorear y promocionar la gestión de los distintos flujos de residuos en los sectores de generación correspondientes.

Además de los residuos generados cada día en los hogares, instituciones públicas y pequeños comercios, hay grandes cantidades de materiales usados o que no se necesitan, que se acumulan con los ya mencionados y son generados, principalmente, en el sector industrial y comercial, además, de los otros sectores mencionados. Para facilitar el reciclado y/o responder a las características particulares, la acumulación periódica y las limitaciones específicas con respecto a una gestión segura para el medio ambiente suele ser indispensable una recolección y una recogida diferenciadas de estos residuos. En general, se consideran los siguientes flujos de residuos:

- ▶ *Residuos con las características de los residuos domésticos:* Estos pueden ser recolectados y tratados de la misma forma, incluso junto con los residuos domésticos.
- ▶ *Residuos peligrosos por naturaleza o con contenidos potencialmente peligrosos:* Son residuos que requieren un régimen de control estricto y a los que se aplican disposiciones y normas específicas (por ej. Convención de Basilea para el transporte de estos residuos) debido a los riesgos potenciales que presentan para el medio ambiente. La clasificación entre residuos peligrosos y no-peligrosos se basa en la clasificación y el etiquetado de las sustancias peligrosas, asegurando la aplicación de principios similares durante todo su ciclo de vida. Las propiedades que hacen que un residuo sea peligroso son, generalmente, establecidas en documentos normativos o listas específicas (Como el Catálogo Europeo de Residuos). Para evaluar los riesgos potenciales de los residuos químicos y asegurar la gestión segura de tales elementos, debe considerarse también el trabajo realizado en el marco del “Programa internacional de seguridad química” y las políticas europeas sobre químicos “REACH”. Un flujo de residuos que debe considerarse y gestionarse como los residuos peligrosos, son los residuos médicos y hospitalarios y los lodos de

las plantas de tratamientos de aguas residuales.

Los residuos peligrosos y los residuos médicos, en general, contienen concentraciones críticas de sustancias peligrosas y no pueden ser manipulados sin las precauciones apropiadas. Deben ser recolectados de forma separada y dispuestos de manera que no representen daños para los alrededores. La gestión de los lodos del tratamiento de aguas residuales deben apuntar al mejor aprovechamiento posible de sus nutrientes y su contenido energético mientras, al mismo tiempo, se aplican las precauciones y tratamientos adecuados debido a que estos lodos contienen ciertas sustancias críticas.

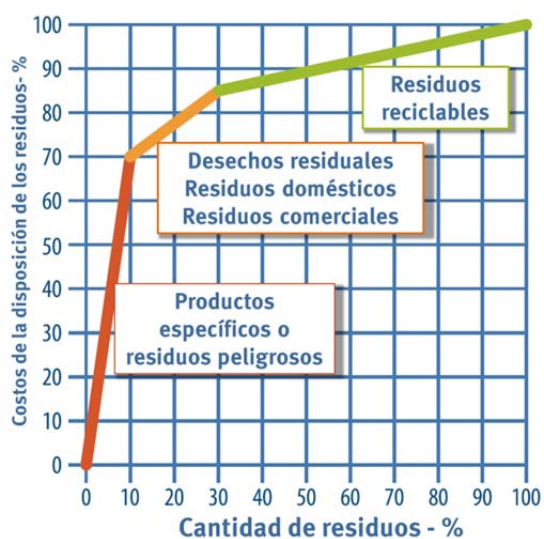
Residuos (producción) de tipo específicos: Son los residuos provenientes de procesos de fabricación industriales o de procesos comerciales. Suelen tener una composición regular y sus posibilidades de reciclados son altas si se presta especial atención y cuidados para mantenerlos separados del resto de los residuos. Regulaciones especiales y esquemas apropiados para asignar los precios de las materias primas y los recursos reciclados deberían ayudar a la prevención, disminución y a la mejor utilización de estos residuos.

La prevención, disminución y, siempre que sea posible, la reutilización de los residuos de comerciales/industriales son principios básicos de una gestión apropiada y cada vez más importante desde un punto de vista ecológico y económico. Bajo la influencia de la escasez de recursos y los crecientes precios de los materiales, energía y servicios ambientales los residuos se han convertido en un costo relevante y los impactos de gestionar apropiadamente los flujos de residuos se ven rápidamente reflejados en los balances de las empresas.

Las políticas ambientales son cada vez impulsadas por la necesidad de influir los procesos de fabricación de manera que se reduzcan los impactos ambientales de los productos durante su fabricación, vida útil y su disposición.

Gestión de flujos de residuos específicos

Figura 1: Proporciones generales de los costos en la disposición de los diferentes tipos de residuos de las actividades comerciales/industriales



Una gestión sustentable de los residuos requiere que se adopte una producción más limpia (cleaner production) con el uso de tecnologías con baja emisión de residuos y con una gestión interna (planta) y entre distintos sectores de los distintos flujos de materiales. Básicamente, esto comprende todas las medidas que pueden resultar en la producción de productos con un menor uso de materiales y de energía, un mejor aprovechamiento de los residuos y materias primas secundarias, lograr flujos de materiales en circuitos cerrados y evitar o sustituir el uso de componentes peligrosos. También, incluye el cambio del producto en sí mismo para alcanzar las metas propuestas. A continuación se presentan algunos ejemplos de medidas para concretar tales políticas.

- ▶ Hacer la recuperación, reprocesamiento y la reutilización (reciclado) una parte del proceso de producción o de las operaciones de las empresas
- ▶ Organizar el reciclado en diferentes sectores industriales (Por ej. Procesamiento de aceites usados)
- ▶ Aplicación de tecnologías que ahorren materia prima y energía. (Po ej. Recauchutado de neumáticos usados)

Para el uso y la disposición de residuos comerciales/industriales hay muchas opciones y modelos posibles. Una opción, referida a menudo como auto eliminación o reutilización en sitio, requiere que las empresas operen sus propias instalaciones de tratamiento o operen procesos donde los residuos puedan ser reintegrados o reciclados de acuerdo con los estándares ambientales aceptados. Esto es recomendable para las

empresas que acumulan grandes cantidades de materiales específicos y que puedan realizar el tratamiento sin grandes costos adicionales. Por ejemplo, las industrias del metal, de la madera y del papel. Una gran proporción de los residuos de la fabricación de papel pueden ser reintroducidos en el proceso de fabricación o usados en plantas de generación de energía.

Otra alternativa, es que los residuos queden a disposición para que una empresa certificada los recoja y los derive a la planta de disposición o tratamiento adecuada (ver hojas informativas sobre "recolección" y "tratamientos"). Un problema de importancia particular son los residuos peligrosos que, además, de unas pocas opciones de tratamiento térmico (ver hojas informativas "incineración en parrilla" e "incineración en lecho fluidizado") deben ser vertido en vertederos especiales (ver hoja informativa "vertedero de residuos peligrosos") ya que no existen suficientes opciones para su tratamiento.

Una gestión eficiente de los flujos de residuos debe enfocarse en esos flujos de materiales que tienen un impacto ambiental relevante, ya sea por, que presentan un riesgo potencial o por que presentan un alto potencial de reciclaje. Tales flujos pueden ser tratados con prioridad y hacerlos objeto de regulaciones y leyes especiales puede ser útil. Debe prestarse atención a las medidas que aseguren una aumento de la reutilización y una disminución de los riesgos y de las prácticas no favorables en la gestión de estos residuos.

Las zonas residenciales y las actividades comerciales e industriales son las fuentes de los flujos de residuos priorizados. Buenas prácticas de gestión, opciones técnicas para el tratamiento y reciclado y otras medidas de prevención y reducción de residuos son presentados en los documentos subsiguientes. Una de las razones para elegir estos flujos de residuos particulares, entre otras, es por las regulaciones y directivas específicas de la UE.

Gestión de flujos de residuos específicos

Nota: Información detallada de las tecnologías y equipamientos referenciados en el texto pueden encontrarse en los siguientes documentos.

Tabla 1: Índice de los diferentes documentos relacionados a la gestión de distintos flujos de residuos.

Documentos sobre flujos de residuos
<u>Residuos de la construcción y la demolición</u>
<u>Aceites usados</u>
<u>Vehículos al final de su vida útil</u>
<u>Neumáticos usados</u>
<u>Pilas y baterías usadas</u>
<u>Residuos aparatos eléctricos y electrónicos</u>
<u>Lámparas fuera de uso</u>
<u>Residuos médicos</u>
<u>Residuos de pinturas y barnices</u>
<u>Alfombras y moquetas fuera de uso</u>
<u>Lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales</u>

RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA DEMOLICIÓN (RCDs)

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS:

- Los residuos provenientes de construcciones (C) y demoliciones (D) son en general los tipos de residuos más pesados . En consecuencia, la prevención, recuperación y reciclado tienen un lugar muy importante en los tratamientos de RCDs

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

A pesar de que la construcción y la demolición de edificios son procesos completamente opuestos, los residuos de estos son de naturaleza similar. Por lo tanto, las formas de recolección y de tratamiento para los residuos de ambos procesos suelen ser los mismos a pesar de que los residuos de la construcción están menos mezclados.

Los residuos de actividades constructivas (construcción/demolición edificios, calles, infraestructura, etc) son muy variados. El rango de estos materiales varía, no solo según el tipo de edificación, sino también, según la ubicación, los métodos constructivos y los materiales empleados

Generalmente, los residuos generados en la limpieza y preparación de un terreno para construir son suelos, arcillas y piedras, junto con pequeñas cantidades de materiales de construcción.

Los residuos de demolición son suelos, arenas, rocas, pedazos de hormigón, cerámicas (ladrillos y azulejos), maderas tratadas y sin tratar, piezas metálicas, asfalto, materiales para techos como paneles de yeso. Además, hay plásticos, vidrios, papeles y textiles que también son comunes en los residuos domésticos. También, se encuentran los elementos que componen el sistema de energía eléctrica como cables, dispositivos o materiales aislantes y tuberías.

Este tipo de residuos se caracteriza por ser voluminoso y pesado.

PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO

Los RCDs son , por lo general, los de mayor relevancia en cuanto al peso y se encuentran de manera significativa en los RSU. Las cantidades generadas en un área determinada pueden variar fuertemente de un año a otro, ya que las actividades de la construcción y la demolición también varían. Es por eso que se le da mucha importancia al principio de jerarquía de residuos. Dando prioridad máxima a la prevención de generación y luego, también importantes, a la preparación para reuso y reciclado.

La prevención de residuos en el sector de la construcción

La prevención de residuos en las actividades constructivas depende fuertemente de la planificación y organización del proyecto. El diseño de la construcción y la selección de los materiales son dos factores principales de la generación de estos residuos.

Adoptar una construcción segmentada y usar materiales convenientes , para los cuales existen opciones de reutilización, ayuda a reducir la cantidad de RCD a disponer.

Una construcción inteligente, donde solo los materiales estrictamente necesarios en las dimensiones y formas adecuadas son llevados a las obras, es una herramienta importante. El almacenamiento adecuado y seguro también es un aspecto relevante del proceso. Adoptar políticas de “bajos-residuos” en un proyecto significa reutilizar elementos constructivos como las maderas utilizadas en los encofrados o los mismos materiales recuperados en la obra. Como requisito se debe contemplar en la planificación un espacio y una capacidad de almacenamiento adicionales. Prestar atención a pedir las cantidades necesarias de materiales y su delivery justo a tiempo promueven la reducción de residuos.

Para todo esto también se requiere una buena y eficiente coordinación de diferentes servicios (como los servicios de recolección diferenciada, servicios de suministros, etc) que ayuden a no repetir ciertas actividades constructivas que generan ciertos residuos.

El enfoque de deconstrucción selectiva y emplazamiento de obra “cerrado” son dos elementos esenciales en una estrategia de reducción de residuos en actividades constructivas.

Una recolección diferenciada al momento de su generación es esencial para lograr un buen reciclado luego.

Factores a favor de la recuperación/reciclado de los RCDs

- Reducción en la demanda de recursos primarios
- Reducción en la disposición de residuos en vertederos
- La reutilización en el punto de generación reduce los transportes, por lo tanto, los costos y el impacto ambiental,
- Los recursos secundarios generados pueden mejorar el balance económico

Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones para realizar la recuperación

- Deben financiarse costos de trabajo y técnicos adicionales para asegurar la separación de los componentes,
- Debe asegurarse una calidad constante del material reciclado,
- Los proyectos de gestión de obra son más complejos
- En el lugar donde los materiales son transportados para un reprocesamiento se pueden generar impactos ambientales debido al ruido, al aire y al transporte

ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS

Si los RCDs son mezclados, la recuperación de residuos valorizables es muy difícil, sobre todo si estos incluyen componentes contaminantes como aceites, maderas impregnadas, etc. Esa es la razón por la cual los RCDs eran ,principalmente, derivados a vertederos en el pasado. Hoy en día, bajo el marco legal de la UE (por ej. “Directiva 99/31/EC”) se vuelve cada vez más y más necesario que las partes no-inertes y orgánicas (por ej. Maderas, plásticos) sean separadas. Además, las fracciones separadas como plásticos y metales pueden alcanzar un buen valor de mercado.

Deconstrucción

A través de una deconstrucción selectiva se pueden optimizar la utilización de los materiales y reducir los procesos requeridos. Este enfoque es una medida importante para alcanzar una reducción significativa de los tratamientos aplicados a los residuos generados durante las demoliciones, da lugar a una reutilización de materiales mas intensa y a un reciclado de gran calidad ya que los componentes no se ven contaminados por otros.

Los materiales contaminados o con impurezas (por ejemplo. Yeso), materiales reutilizables y materiales adecuados para una recuperación por separado (puertas, ventanas, cañerías de cobre, tejas, etc) deben ser removidos del edificio antes de comenzar su demolición. Luego, los ladrillos pueden ser limpiados y reutilizados una vez que se termina la demolición. En algunos casos, este procedimiento puede encarecer y demorar los procesos constructivos , aumentar el esfuerzo en la planificación y aumentar el esfuerzo de trabajo. Pero, se pueden lograr grandes ahorros en costos de transporte y de materiales nuevos.

Cuadro 1: Proceso de un desmantelamiento controlado de un edificio

Pasos del proceso	Materiales	Procedimiento
Paso 1: Desmantelamiento y remoción de materiales contaminados e impurezas	Por ej. Partes con asbestos, PCB, PCP, alquitrán, aislación térmica con HBCDD	Recolección diferenciada y almacenamiento seguro
Paso 2: Recuperación no destructiva y desmantelamiento de partes directamente reutilizables, vaciamiento de los sistemas de suministro	Por ej. Elementos con valor arquitectónico, escaleras, lámparas , columnas, tuberías	Almacenamiento, reparación, renovación, reutilización.

Pasos del proceso		Materiales	Procedimiento
Paso 3:	Desmantelamiento de las partes que pueden ser reutilizables después de una renovación	Por ej. Ventanas, puertas, alfombrados	Renovación, almacenamiento, reutilización
Paso 4:	Remoción y recolección de todos los materiales reciclables restantes	Por ej. Metales, maderas, vidrios	Separación, tratamiento, reciclado
Paso 5:	Remoción y recolección de los materiales no reciclables	Por ej. Espuma PUR, maderas tratadas, yeso, tablas con alquitrán	Separación, tratamiento y disposición controlada
Paso 6:	Demolición del resto de la construcción incluyendo los elementos subterráneos	Los materiales restantes, principalmente mampostería y hormigón	Separación, almacenamiento, reutilización/reciclado

Para asegurar la reutilización de los diferentes componentes y materiales de la construcción/demolición es indispensable que su recolección, transporte y almacenamiento se realicen de forma separada. Ésto requiere de la utilización de sistemas de contenedores apropiados (ver hoja informativa “[contenedor de gancho](#)” o “[contenedor de cadena](#)”), y su suministros en el tiempo y la cantidad necesaria.

TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS

Existen varias posibilidades para una segunda utilización de los materiales de las CyD. Los materiales pueden ser utilizados como agregados en la producción de hormigón, si es que cumplen ciertos estándares de calidad determinados por norma. Otra aplicación puede ser en la sub-base de las calles y rutas, o en los suelos de estacionamientos. Los operadores de vertederos usan los materiales inertes de los RCDs, como suelos y arcillas, para el montaje de los mismos. Se utilizan para construir las carreteras internas de los vertederos, las paredes que separan a las distintas celdas de vertido y las capas de drenaje y de cobertura (Ver hojas informativas sobre “[vertederos](#)”). Los constructores y planificadores pueden basarse en las normas de la UE si usan materiales reciclados para asegurar condiciones de trabajo seguras y la estabilidad de la construcción. Por ejemplo, las normas EN-206-1 y EN12620 describen los procesos adecuados para la producción de hormigón utilizando materiales reciclados como agregados. La fiabilidad de los materiales de construcción reciclados puede asegurarse por sistemas de aseguración de calidad como el “instituto de aseguración y certificación de calidad de Alemania” (RAL). Estas instituciones se aseguran el acceso a información certificada sobre el origen, edad, composición y riesgos potenciales de contaminación de los materiales de C y D reciclados.

Tabla 2: Opciones para el uso de distintos materiales provenientes de los RCDs.

Material		Opciones de uso
RCDs mezclados		Disposición en vertederos después de un pre-tratamiento y una separación de residuos peligrosos
Fracciones separadas de los RCDs	Piedras / Grava	Agregado para la producción de nuevos componentes estructurales, material de relleno
	Hormigón	Agregado para la producción de nuevos componentes estructurales, material de relleno
	Maderas	Producción de tableros de fibras o de partículas, combustible sustituto o producción de compost
	Metales	Producción de nuevos metales
	Otros materiales	Vidrios: Producción de nuevos vidrios Plásticos: combustible, o materiales de plástico reciclado Paneles de yeso: Producción de nuevos elementos de yeso
	Asfalto	Producción de carpetas asfálticas o reparación de carreteras, colocación en techos

En las licitaciones, cuando se describen de los materiales a utilizar, no se debe excluir la posibilidad de utilizar materiales reciclados (siempre respetando las normas y estándares vigentes). El “centro de competencia para la compra sustentable” ([Kompetenzstelle für Nachhaltige Beschaffung des Bundes \(KNB\)](#)) provee algunas recomendaciones para los licitadores.

**IMPACTO EN
OTRAS ÁREAS**

La utilización de los materiales recuperados puede requerir maquinaria adicional, para procesar el material y remover los contaminantes. El procesamiento de los RCDs puede ser echo en el sitio de emisión o en plantas centrales.

Procesamiento en sitio

El procesamiento en el sitio de emisión es el método más eficiente para aumentar la reutilización de los materiales de la construcción. Se aplica especialmente en materiales que pueden ser reutilizados en la misma obra, o en zonas cercanas. Cuando se especifican los materiales a utilizar como sub-base de una nueva calle o para ciertos elementos constructivos como el hormigón, debe existir la posibilidad de utilizar materiales reciclados (desmenuzados) como agregados. La utilización de tales materiales como agregados, arena y grava permite reducir la demanda de recursos primarios y por lo tanto, a una reducción al impacto ambiental.

Otra método para la gestión de RCDs operar en emplazamientos de obra “cerrados”. En este esquema, la planificación de obra tiene en cuenta que todos los residuos generados en la obra sean reutilizados en la misma, evitando así su transporte para reciclado o reuso. Esto puede concretarse completamente cuando, en caso de una demolición, se conocen perfectamente los materiales que componen los residuos, se sabe que éstos no son peligrosos y que son potencialmente reutilizables. Si los RCDs contienen componentes peligrosos, estas partes deben ser separadas y tratadas adecuadamente.

Para llevar a cabo un procesamiento en sitio se necesita espacio suficiente para colocar trituradoras y cribas móviles, así como, el espacio necesario para un almacenamiento temporal de los residuos hasta que puedan ser utilizados. Este espacio puede no estar siempre disponible. El procesamiento en sitio tiende a aumentar las emisiones de polvo y ruido en la obra. Por otro lado, se reducen el transporte de los RCDs y sus impactos asociados.

Figura 1: Equipo móvil de trituración de RCDs. (Fuente de imágenes superior e inferior: Jochen Zellner, Landkreis Neustadt/Aisch-Bad Windsheim , www.abfallbild.de)


Procesamiento en plantas centrales

Las plantas estacionarias tienen un mayor rendimiento que las plantas móviles y pueden tratar varios tipos de residuos al mismo tiempo. Estas plantas procesan grandes cantidades de residuos y pueden satisfacer de manera confiable la demanda de materiales reciclados con los requisitos de calidad necesarios. Los equipos técnicos en plantas fijas suelen ser más complejos y sofisticados que los utilizados en plantas móviles. Ésto permite que los productos reciclados cumplan los diferentes requisitos de calidad que el cliente pueda demandar. Y de esta manera, las posibilidades de reutilización son mucho más grandes.

Luego de arribar a la planta de tratamiento, los RCDs con tamizados para separar los componentes dañinos y no convenientes (residuos voluminosos metálicos, elementos contaminantes acumulados o de gran tamaño, etc.). Después, es común que los materiales tamizados sean triturados y que los metales sean separados por separación magnética. Los componentes livianos como plásticos y papeles pueden ser separados con separadores de aire. Los diferentes tamaños de los tamices permiten obtener materiales de diferentes tamaños que luego pueden mezclarse en diferentes proporciones para obtener una granulometría deseada.

La utilización de los materiales usados y los residuos

Los residuos de la preparación del terreno y excavaciones (suelos, piedras, etc) conforman la fracción más grande de los RCDs (45 %). Los residuos de las demoliciones son principalmente materiales minerales y, en menor medida, maderas y otros elementos como metales, vidrios y plásticos. Estos materiales son adecuados para los siguientes usos:

Tierra, rocas y subsuelos: Pueden separarse de los otros materiales por medio del cribado (para suelos contaminados se necesitan plantas de lavado de suelos) luego, ser reutilizados in situ. Cuando la obra consiste en el mejoramiento o reparación de una calle, los materiales pueden ser incluidos en los asfaltos y materiales bituminosos. Si la utilización de estos materiales afecta el rendimiento de la obra o del proceso elegido, éstos deben ser separados.

Asfalto Puede ser procesado y reutilizado en el sitio. Esto reduce los costos de eliminación y los de fabricación y suministro de asfalto. El asfalto recuperado puede ser mezclado con asfalto nuevo antes de ser aplicado en la carpeta asfáltica o en reparaciones. Sin embargo, el asfalto recuperado es más utilizado en las bases y banquetas de las carreteras o como cobertura en los vertederos. Previo a estos usos, el asfalto es triturado.

Hormigón triturado Se utiliza principalmente en las bases de las carreteras. La utilización de agregados de calidad certificada, echos de hormigón triturado, para la confección de hormigón nuevo (por ej. Construcción de edificios) ofrece una alternativa, de alta calidad, para el hormigón con agregados normales. También puede utilizarse en las fundaciones y capas intermedias de las carreteras.

Maderas: Tanto los residuos de maderas tratadas como las no tratadas son generados en la demolición de edificios, especialmente en los edificios con diseños antiguos. La mayoría de éstos son puertas, marcos de ventanas, muebles, revestimiento, etc. Los residuos de maderas provenientes de la preparación de terrenos y las maderas sin tratar pueden ser directamente re-utilizadas. Pueden ser convertida en astillas para el uso en la producción de tableros de fibras o partículas de madera aglomerada o utilizadas en procesos de compostaje para la producción de humus y sustratos para la agricultura (ver hoja informativa "[compostaje](#)"). Por otro lado, una gran proporción de los RCDs de madera están pintados o barnizados y en este caso deben ser utilizados en procesos térmicos (ver hoja informativa "[incineración](#)").

Los **materiales restantes** que conforman gran parte de los RCDs como vidrios, plásticos, metales y papeles tienen características similares a los provenientes de residuos domésticos y comerciales. Por lo tanto, por medio de una recolección separada en obra se pueden aplicar, luego, los mismos tratamientos que se describen en los documentos correspondientes para estos tipos de materiales. (ver las hojas informativas sobre "[tratamientos](#)"). Sin embargo, los plásticos, papeles y cartones en los RCDs por lo general no cumplen con la cantidad ni la calidad mínima para que su reciclado sea rentable. Por eso se los suele derivar a tratamientos de co-incineración (ver hoja informativa "[Co-incineración industrial](#)")

Los materiales aislantes echos de poliestireno (EPS) requieren de cuidados especiales debido a la concentración de contaminantes orgánicos (POP), especialmente por la sustancia hexabromociclododecano (HBCDD) que presenta un alto riesgo al medio ambiente y la salud.

<p>IMPACTO EN OTRAS ÁREAS</p>	<p>Por medio de la recuperación de materiales de los RCDs, por medio de su reciclado y reutilización, se pueden lograr muchos puestos de trabajo, además de las ventajas ambientales y económicas ya conocidas. Especialmente, en la deconstrucción selectiva se necesita una gran cantidad de trabajo manual en los procesos de recolección, limpieza, reacondicionamiento y venta de los materiales recuperados</p>
<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p>En Alemania, pueden encontrarse empresas enfocadas en el tratamiento de RCDs por todos lados. También, numerosas compañías operan con equipos de recuperación y reciclado móviles. Más del 90% de los RCDs son reciclados en Alemania. Algunos proveedores de equipamientos y servicios son</p> <p><i>Técnicas de cribado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com - Backers Maschinenbau GmbH, Twist www.backers.de - Sutco Recycling Technik, Bergisch Gladbach www.sutco.de - Sandvik Mining and Construction Crushing Technology GmbH Bergisch Gladbach www.miningandconstruction.sandvik.com/de <p><i>Trituración</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com - HAZEMAG & EPR GmbH, Dülmen www.hazemag.de - Sandvik Mining and Construction Crushing Technology GmbH Bergisch Gladbach www.miningandconstruction.sandvik.com/de <p><i>Separación por aire</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Integra Ingenieurbetriebsgesellschaft, Saerbeck www.integra-ibg.de

VEHÍCULOS AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL (VFU)

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS.

Los vehículos constituyen una categoría de residuos compuestos por una gran cantidad de materiales reciclables y con una alta tasa de reutilización de sus partes. Pero también, presentan un gran riesgo potencial para el medio ambiente debido a las sustancias y materiales peligrosos que contienen y que hacen necesario cumplir ciertos requisitos de seguridad. La UE implementó una directiva especial para los VFU que establece las condiciones y normas a cumplir para la recolección y el tratamiento de estos residuos y hace a los productores responsables de estos procesos.

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

Los vehículos están conformados por muchas partes, que están compuestas de diversos materiales y sustancias. Un auto de pasajeros consiste en los siguientes componentes:

Tabla 3: Valores orientativos de los componentes de un vehículos normal de pasajeros.

Materiales		Componentes para su operación	
Material	cantidad	Tipo de componente	cantidad
acero	400 kg	Combustible	5–10 Litros
plásticos	125 kg	Refrigerante	7 Litros
Motor	100 kg	Aceite de motor	4 Litros
Aislamientos	50 kg	Aire acondicionad	1–4 Litros
Otras partes de goma	35 kg	Aceite de la transmisión	2 Litros
Motores eléctricos	10 kg	Aceite amortiguadores	1 Litros
Espuma poliuretano	10 kg	Lubricantes	1 Litros
Vidrios de seguridad	6 kg	Líquido de frenos	0,7 Litros
Vidrios compuestos	4 kg	Aceite del diferencial	0,5 Litros
Cableado	4 kg	Aceite dirección asistida	Sin especificar
Neumáticos	5 unidades		

LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

El marco normativo para la gestión, reciclado, tratamiento y disposición final segura de los VFU en Europa esta determinada por la “Directiva [2000/53/CE](#) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, sobre vehículos al final de su vida útil”. Existe también la “Decisión [2005/293/CE](#) de la Comisión, de 1 de abril 2005, por la que se establecen normas de desarrollo para controlar el cumplimiento de los objetivos de reutilización y valorización así como de reutilización y reciclado fijados en la Directiva 2000/53/CE “. Los estados miembros deben reportar las cantidades recolectadas y tratadas cada 3 años a la UE de acuerdo con la decisión [2001/753/EG](#) de la comisión. Además la decisión [2003/138/EG](#) de la comisión exige la identificación de los componentes y de los materiales de los vehículos.

PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO

Para asegurar un reciclaje máximo de los VFU es obligatorio que exista una recolección separada y otras medidas apropiadas, como la extracción de todas las partes y líquidos que tengan un impacto ambiental relevante. Los requisitos a tener en cuenta son:

- *Pre tratamientos de los VFU para remover elementos contaminantes:*

- Remover baterías y tanques de combustible
- Remover o neutralizar componentes con riesgos de explotar (por ej. Airbags)
- Extracción, recolección separada y almacenamiento adecuado de : combustibles, aceites del motor, aceite de la transmisión, aceites hidráulicos, líquidos refrigerantes, anticongelantes, líquidos de frenos y cualquier otro fluido que pueda contener un VFU, a no ser que sean necesarios para la reutilización de las partes correspondientes.
- Remover todos los componentes que contengan mercurio

	<p>- <i>Medidas para mejorar las posibilidades de reciclaje</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Remover catalizadores ○ Remover los componentes que contengan cobre, aluminio y magnesio, si estos no son separados en la etapa de trituración. ○ Remover los neumáticos y componentes plásticos de gran tamaño (Parachoques, depósitos de fluidos, etc) ○ Remover los vidrios <p>La reparación y recuperación de partes que ayudan a extender la vida útil de los vehículos o a la obtención de partes de repuesto son actividades muy importantes para alcanzar los objetivos de prevención en la generación de estos residuos. Promover tales actividades es muy recomendable, mientras que, la exportación de vehículos usados con bajos estándares de seguridad y con gran impacto en el medio ambiente a países del tercer mundo no debe ser promovida ni reconocida como medida de reciclaje.</p>
<p>ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS</p>	<p>Los VFU deben desecharse por los usuarios finales en puntos de recolección acreditados o directamente en las instalaciones de desmantelamiento. La acreditación de estos puntos y de las instalaciones de desmantelamiento aseguran una gestión y documentación apropiada sobre la disposición los VFU.</p> <p>Los puntos de recolección acreditados no realizan actividades de desmantelamiento. Solo aceptan los VFU, realizan la documentación pertinente y son responsables hasta su tratamiento posterior. Estos puntos de recolección deben asegurar que los VFU no son apilados, no son almacenados de costado ni son dados vuelta. Previene las pérdidas de líquidos peligrosos como combustible o aceites y previene la activación de componentes explosivos (Por ej. airbags). Además, deberían protegerse las partes reutilizables (Por ej. Ventanas).</p> <p>En algunos países, como Alemania, los fabricantes de vehículos son los responsables de su recuperación y de asegurar un tratamiento adecuado. Los fabricantes deben realizar la recolección de los VFU, transferirlos a una planta de mantelamiento acreditada y registrar dicha transferencia. Al mismo tiempo, tienen la posibilidad disponer sus propias plantas de tratamiento autorizadas</p> <p>Cuando los autos son ilegalmente abandonados y no es posible rastrear al dueño, las municipalidades son las responsables de ocuparse de la recolección y de la transferencia a plantas de tratamiento de estos vehículos.</p>

ESQUEMAS DE
TRATAMIENTO Y
RECUPERACIÓN
ADECUADOS

Los vehículos son descompuestos en partes de repuestos y distintos componentes para mejorar las posibilidades de reuso en primera instancia y en segundo lugar, dar lugar a un mejor reciclado de los distintos componentes. El proceso de desmantelamiento se explica a continuación:

1. Aceptación del VFU, control del VFU y emisión de un certificado al usuario final
2. Almacenamiento temporario en una lugar y posición adecuados.
3. Vaciamiento de sistemas (remoción de baterías, airbags, combustibles, lubricantes, refrigerantes, aceites, etc)
4. Desmontaje de componentes reutilizables (Remoción del motor, caja de cambio, alternador, etc)
5. Desmontaje de componentes reciclables (Remoción de plásticos, vidrios, catalizadores, etc)
6. Trituración del resto del vehículos, recuperación de metales férricos y no férricos para reciclado y disposición adecuada del material restante .

Luego de haber recibido el VFU se remueven la batería, los elementos pirotécnicos y, si instalado, el tanque de gas. Se deben cumplir requisitos especiales al remover los sistemas de seguridad de pasajero con tecnologías pirotécnicas (como el sistema de airbag). Se necesitan empleados capacitados para realizar esta tarea.

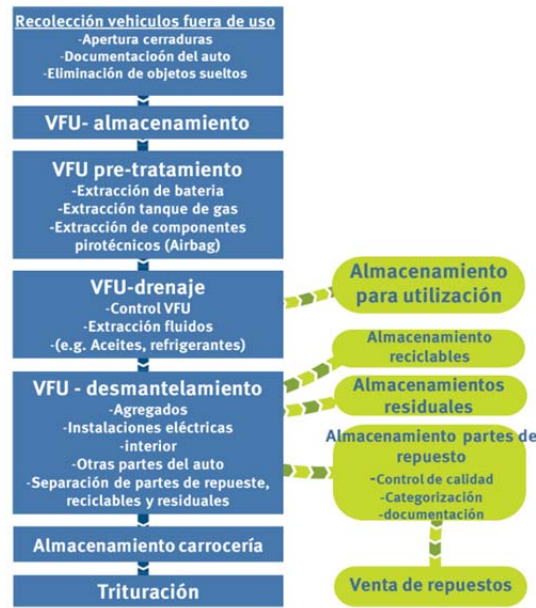
Luego, se remueven todos los fluidos. Estos son el combustible, los refrigerantes (aire acondicionado), el aceite de motor, el aceite de transmisión, los lubricantes, el aceite de los amortiguadores, etc. Todos estas sustancias son removidas del VFU y almacenadas en contenedores apropiados. Después, son dispuestos y tratados de manera que se reduzca su impacto negativo en el medio ambiente (Ver hoja informativa "[Aceites usados](#)"). Especialmente, los refrigerantes utilizados en en sistemas de aire acondicionado como el R134a (1, 1, 1, 2-tetrafluoretano) que eran mayormente usados hasta el año 2011, deben por unidades de servicio especiales de A/C. Que previenen la emisión a la atmósfera de los componentes volátiles (PCA de R134a = 1430).

Una vez removidos todos los fluidos, se realiza el desmontaje de todas las partes reutilizables y reciclables. Como mínimo deben removerse los siguientes elementos

- Acumulador de calor latente
- Amortiguadores (si no se les extrajo el aceite antes)
- Partes con asbestos
- Partes con mercurio (Lo más que se pueda)
- Materiales que no corresponden a los VFU, como residuos domésticos
- Catalizadores,
- Llantas de aluminio
- Vidrios frontales, laterales, traseros y , si hay, del techo
- Neumáticos
- Grandes partes plásticas
- Partes de cobre, aluminio y magnesio

El nivel de detalle del proceso de desmantelamiento depende de la antigüedad y la condición (por ej. Accidente de tráfico) del VFU y la correspondiente rentabilidad.

Figura 2: Esquema del desmantelamiento de un VFU



A los pasos anteriores les sigue la trituración de lo que resta del vehículo. Las partes obtenidas (por ej. Hierro, metales no férricos, chatarra) pueden ser objeto más procesos de reciclado. Los materiales que no pueden ser recuperados de forma económica y ambientalmente eficiente deben ser adecuadamente tratados. Debe darse prioridad a la recuperación energética (ver hojas informativas sobre “Incineración”). El vertido directo de las partes removidas no se puede realizar debido a la prohibición de depositar materiales sin tratar en los vertederos. Además, no es una buena opción en términos de sustentabilidad.

Las instalaciones de desmantelamiento y de tratamiento de VFU deben cumplir requisitos ambientales especiales y se deben otorgar licencias para las colocación de una. Ya que, un almacenamiento y un tratamiento inadecuados dan lugar a la contaminación de suelos y aguas.

En adición, las instalaciones de desmantelamiento de VFU deben tener la obligación de llevar un registro de las cantidades de VFU que entran en la misma y la cantidad de material que sale. La información debe incluir los componentes re-utilizados, recuperados, reciclados y vertidos para asegurar una trazabilidad adecuada de los elementos tratados.

TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS

La recuperación y comercialización de repuestos son una parte importante del proceso de desmantelamiento de un VFU. La comercialización de estas partes representan una gran parte del dinero que se necesita para financiar estos tratamientos. Particulares, como negocios son los potenciales compradores de estas partes.

Los plásticos constituyen una parte significativa y en aumento de los vehículos. Las partes plásticas de gran tamaño como los accesorios deben ser removidos y derivados a procesos de reciclado de alta calidad. La rentabilidad del reciclado de estos materiales depende de la situación del mercado y la demanda de los mismos.

Para la trituración del resto del vehículo (por ej. Chasis) se necesitan instalaciones especiales. Los materiales triturados son separados en las siguientes categorías por medio de diferentes procesos (por ej. Separación de metales, separación por flotación-hundimiento, separación con aire)

- Metales férricos
- Metales no férricos,
- Fracción triturada pesas
- Fracción triturada liviana

	<p>Los metales obtenidos pueden ser utilizados como materia prima para la producción de nuevos metales.</p> <p>Las fracciones obtenidos pueden ser más finamente separadas y clasificadas en procesos posteriores (Por ej. SRW metalfloat GmbH Espenhain). A pesar de que no hay muchos materiales reciclables en estas fracciones, se pueden obtener ingresos si los valores de mercado son altos. Los factores que dan lugar a un mejor proceso de reciclaje posterior son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tendencia a la miniaturización de las partes electrónicas (como cables, motores eléctricos) - Aumento de los materiales reciclables en la fracción liviana debido a la reducción de pesos y por lo tanto mayor capacidad de vuelo de pequeños reciclables. <p>Las fracciones trituradas pesadas y livianas se caracterizan por una alto poder calorífico (por ej. Plásticos, gomas). Especialmente, la parte liviana se usa para sustituir combustibles, lo cual da lugar a la recuperación energética de estos materiales (ver hoja informativa “<u>Co-incineración industrial</u>”).</p> <p>Los neumáticos usados existen diversas posibilidades de reciclado y recuperación (ver hoja informativa “<u>Neumáticos usados</u>”)</p>
<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p>Hasta el año 2015 habían en Alemania 51 plnatas de trituración y alrededor de 1.300 plantas de desmantelamiento de vehículos. Investigaciones con respecto a las tecnologías y procesos posteriores a la trituración están siendo desarrolladas. Éstas son promovidas y financiadas por la industria automotriz para mejorar los procesos de recuperación de los materiales obtenidos. Algunos operadores, que ya realizan procesos post-trituración, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - TSR Recycling www.tsr.eu - Scholz Recycling GmbH/ SRW metalfloat GmbH Espenhain www.scholz-recycling.de - ISR Itzehoer Schrott und Recycling GmbH & Co. KG www.isr-itzehoe.de
OBSERVACIONES A OTROS DOCUMENTOS DE REFERENCIA	
<p>La Información y los datos sobre los puntos de recolección en Alemania, todo los tipos de instalaciones de desmantelamiento y de las plantas trituradoras son gestionados por un organismo central (“Gemeinsame Stelle Altfahrzeuge” GESA) y dados a las autoridades públicas correspondientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gemeinsame Stelle Altfahrzeuge www.altfahrzeugstelle.de 	

NEUMÁTICOS USADOS

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS:

- Los neumáticos usados son residuos voluminosos y presentan riesgos al medio ambiente ya que contienen algunas sustancias peligrosas. Deben ser recolectados de forma diferenciada y tratados de forma adecuada, también para aprovechar su alta posibilidad de reciclado/uso.

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

Los neumáticos están conformados por la carcasa (cuerpo del neumático) y una banda de rodamiento. La carcasa se hace, generalmente, de cuerdas textiles cubiertas de gomas que están echas principalmente de rayón y nylon, los cinturones y el talón que son echos de metal y, para el caso de los camiones, son mucho más resistentes.

Debido a que hay muchos tipos de neumáticos y a que cada productor mantiene sus procesos de producción en secreto, no hay detalles específicos disponibles sobre la composición de los neumáticos. Pero, puede usarse la siguiente información como guía:

Cuadro 4: Componentes de los neumáticos

Material	De acuerdo a BUWAL ¹ En peso%	De acuerdo a LfU ² en peso%			
		Autos	Camión liviano	Camión	Promedio
Polímeros de hidrocarburos	Caucho natural	21	19	31	24
	Caucho sintético	24	23	14	21
47,0					
Negro de carbón	21,5	28 ³	26 ¹	21 ¹	26 ¹
Acero	16,5	12	18	24	16
Textiles	5,5	4	4	1	3
Óxido de zinc	1,0	11	10	9	10
Azufre	1,0				
Otros	7,5				

Cuadro 5: Componentes químicos de los neumáticos

Elemento/sustancia	BUWAL ¹	Vest ⁵	Elemento/sustancia	BUWAL ¹	Vest ⁴
Carbono	Ca. 70 %	70–75 %	Acido esteárico	0,3 %	3,5–5%
Hierro	16 %	13–15 %	Halógenos	0,1 %	
Hidrógeno	7 %	6–7 %	Compuestos de cobre	200 mg/kg	
Oxígeno	4 %	3,5–5 %	Cromo	90 mg/kg	
azufre	1 %	1,3–1,7 %	Níquel	80 mg/kg	
Óxido de zinc	1%	1,2–2,0 %	Plomo	50 mg/kg	
Óxido de nitrógeno	0,5 %	3,5–5 %	Cadmio	10 mg/kg	

Los neumáticos usados acumulados en la UE rondan los 3.2 millones t/a o en los países industrializados hay una rueda de automvil familiar por persona por año.

¹ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Vollzugshilfe für die Lagerung, Behandlung und Verwertung von Altreifen (Altpneus) – Merkblatt Altreifen, zugänglich über BiCon AG: Altreifen Entsorgung – Was ist ökologisch sinnvoll? http://www.bicon-ag.com/gutachten-uvp/VCS_Altreifen_BiCon_2003.pdf, zuletzt zugegriffen am 26.08.2015

² Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: a.a.O., S. 8. Entsorgung von Altreifen in Baden-Württemberg, 03/2002, http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/11081/entsorgung_altreifen.pdf?command=downloadContent&filename=entsorgung_altreifen.pdf, zuletzt zugegriffen am 26.08.2015

³ Ruß und aktive Füllstoffe

⁴ Vest, H.: Recycling of Used Car Tyres, Technical Information W13e, www.gate-international.org/documents/techbriefs/webdocs/pdfs/w13e_2000.pdf, abgerufen am 26.08.2015

<p>LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA</p>	<p>No hay una directiva específica en la UE para estos residuos. En la Directiva <u>2000/53/EC</u> sobre vehículos fuera de uso se hace referencia a los neumáticos, teniendo en cuenta que son parte de los vehículos fuera de uso y por lo tanto están incluidos en los objetivos estipulados sobre el re uso y reciclado de los materiales. Además, la Directiva <u>1999/31/EC</u> sobre vertederos establece restricciones a la disposición directa de neumáticos usados en vertederos.</p> <p>Para el recauchutado de los “neumáticos usados” para una reutilización existen disposiciones legales de la <u>CEPE/ONU</u> (Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas) que establecen requisitos mínimos para aplicarlo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Neumáticos de auto de pasajeros: <u>UN/ECE Reglamento Nr. 108</u> - Neumáticos de camión: <u>UN/ECE Reglamento Nr. 109</u>
<p>PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO</p>	<p>Los neumáticos usados son residuos que necesitan especial atención. Existen diferentes regulaciones que establecen los requisitos para la recolección, tratamiento y otros aspectos. Las directivas de la UE los consideran un tipo específico de residuos y prohíbe, específicamente, la disposición de neumáticos enteros o en partes en vertederos de residuos. Además del reciclado y reuso, existen otras posibilidades para su utilización, por ejemplo, como barreras de seguridad.</p> <p>La disposición en vertederos no es una opción adecuada. Además de la prohibición en muchos países de la UE, presenta un gran riesgo de incendios que tienen como resultado un gran impacto ambiental (contaminación del aire). Y la recuperación de materia y/o energía no sería posible.</p>
<p>ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS</p>	<p>Es conveniente realizar la recolección de los neumáticos en puntos de recogida especiales. Éstos pueden ser los puntos de generación como talleres mecánicos, distribuidores de neumáticos y vehículos, servicios de remolque, estaciones de servicio y compañías con grandes flotas de vehículos (Por ej. El transporte público).</p> <p>La disposición de los neumáticos en los puntos de recogida debería llevarse a cabo de manera voluntaria. Puede ser necesario aplicar esquemas de recolección especiales como los aplicados para residuos voluminosos y puntos públicos de recogida.</p> <p>Los neumáticos usados deben ser recolectados por compañías recicladoras certificadas para realizar su tratamiento posterior. Previo a su tratamiento, los neumáticos deben ser clasificados en los siguientes 3 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Banda de rodadura</u> Neumáticos que todavía se pueden utilizar. Estos no tienen daños significativos y su grabado tienen una profundidad mínima de 1,6 mm. Pueden ser utilizados por vehículos directamente. - <u>Carcasa</u> Neumáticos que no tienen más de 6 años de uso y la carcasa no presenta daños, especialmente en la pared lateral. Estos neumáticos pueden ser utilizados para recauchutado. - <u>Neumáticos para desecho</u> Neumáticos seriamente dañados que no pueden ser reutilizados por vehículos..

<p>TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS</p>	<p><u>Reutilización</u> Solo los neumáticos con la banda de rodadura en buenas condiciones pueden ser reutilizados sin procesamiento previo. Debido a su menor calidad, éstos neumáticos son, generalmente, exportados a áreas de menores ingresos y por lo tanto, son menos utilizados en las regiones/países donde fueron fabricados. Otras posibilidades para su reutilización son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la agricultura: Como lastre para asegurar las cubiertas del ensilaje - En puertos: Protección contra impactos - En paisajismo: Como protección contra la erosión de diques, paredes y pendientes <p>Todas estas opciones sacan provecho de la larga vida útil y la elasticidad de los neumáticos.</p>
<p>TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS -Continuación-</p>	<p><u>Recauchutado</u> El recauchutado puede aplicarse en neumáticos que no tengan daños en la carcasa. Los requisitos del procesos se regulan en UN/ECE Guías <u>108</u> y <u>109</u>. Procesos de pruebas y medidas especiales se describen en las guías para asegurar que el recauchutado se aplica en carcasas intactas. En este proceso se remueve la rodadura vieja y se aplica una nueva sobre la carcasa. Los métodos utilizados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recauchutado caliente - Recauchutado frío <p>Para el rencauchutado de las ruedas de un auto de pasajeros se necesitan 2–3 kg de material de caucho mientras que para una rueda de camión alrededor de 16–20 kg. La demanda de energía es de un 30% que para un neumático virgen.</p> <p><u>Reciclaje</u> Además del recauchutado, se pueden aplicar procesos de reciclaje para obtener granulados y polvos de caucho para utilizar en otros procesos.</p> <p><i>Granulación</i> Primero, debe removerse el talón. Esto es especialmente importante para los neumáticos de camiones ya que estos son muy resistentes (25mm espesor) y pueden llevar a mucho desgaste de las máquinas trituradoras. Las máquinas diseñadas para realizar esta tarea remueven los talones y ambas paredes laterales de los neumáticos con mecanismos hidráulicos. Esto facilita de manera significativa la trituración.</p> <p><i>Transformación en polvo</i> A continuación, la carcasa del neumático será triturada en tamaños de 50–150 mm. Para asegurar el tamaño de las partículas, éstas se pasan por un tamiza y el material retenido se vuelve a pasar por la trituradora. En este proceso se utilizan tamices tambor o tamices vibratorios. Para la subsiguiente molienda existen dos procesos:</p> <p><i>Trituración mecánica</i> Este proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente. Solo los componentes de la máquina trituradora son refrigerados para reducir la temperatura generada por la fricción. Pueden obtenerse partículas de hasta 800 µm.</p> <p>Figura 3: Esquema del proceso de trituración a temperatura ambiente de neumáticos</p> <pre> graph TD P1[Paso 1 Trituración primaria] --> P4[Paso 4 Molienda fina] P2[Paso 2 Granulador] --> P3[Paso 3 Extracción de metales y fibras] P3 --> P6[Paso 6 Separación secundaria de metales magnética] P6 --> P7[Paso 7 Extracción de polvos y fibras] P4 --> P5[Paso 5 Clasificación por aire] P5 --> P8[Paso 8 Almacenamiento producto] P2 <--> P3 P3 <--> P6 P6 <--> P7 P4 <--> P5 P5 <--> P8 </pre>

	<p>Trituración criogénica</p> <p>En este proceso, los granos de caucho son enfriados con nitrógeno líquido a una temperatura de 100°C. Las partículas obtenidas tienen una superficie mucho más lisa que la superficie de las obtenidas en la trituración mecánica. Esto da lugar a una unión mecánica más débil cuando se utiliza en mezclas.</p>
<p>TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS</p> <p>-Continuación-</p>	<p>Figura 4: Esquema de un proceso de trituración criogénica</p> <pre> graph LR P1[Paso 1 Triturador pre eliminar] --> P2[Paso 2 Túnel de congelamiento con nitrógeno líquido] P2 --> P3[Paso 3 Trituración en molino de martillos] P3 --> P4[Paso 4 Separación metal y fibras] P4 --> P5[Paso 5 Secado] P5 --> P6[Paso 6 Clasificador] P6 --> P7[Paso 7 Trituración secundaria] P7 --> P8[Paso 8 Almacenamiento] </pre> <p>En ambos procedimientos se utiliza trituradoras especialmente diseñadas para la molienda del caucho. El caucho obtenido puede usarse para la producción de nuevos neumáticos. Por razones de seguridad, el uso de este caucho en neumáticos nuevos está limitado. Cantidades mayores pueden usarse en productos que no tengan requisitos físicos o químicos especiales, como revestimiento de suelos, bases de alfombras, pisos de pistas deportivas, etc.</p> <p>Desvulcanización/despolimerización</p> <p>Luego de la molienda, las partículas pueden ser desvulcanizadas. El método más utilizado es la desvulcanización mecánica. En este caso, el caucho sufre tratamientos mecánicos intensivos con el objeto de separar los componentes de azufre.</p> <p>Una tecnología para la despolimerización es el <u>proceso- FORMEX</u>. En este proceso se reduce en gran medida la generación de sustancias contaminantes. El producto final llamado CARBÓN NEGRO FORMEX® (FORMEX CARBON BLACK®) puede ser reutilizado en la producción de caucho. En este proceso los neumáticos son triturados y los granos son introducidos en un reactor especial. Este reactor está diseñado para evitar la presencia de oxígeno durante el proceso. La despolimerización se lleva a cabo en un baño de estaño líquido a menos de 500°C. La baja temperatura asegura que las partículas de carbón sólidas estén el tiempo necesario en la zona de reacción. Los gases y aceites generados son almacenados en tanques. Las partículas de acero son separadas magnéticamente. Las fibras se separan en tamices tambor. La mezcla de negro de carbón es derivado a una trituradora donde se reduce su tamaño a menos de 90 µm. Por medio de este proceso un 99% del material puede reutilizarse.</p> <p>Uso del granulado</p> <p>El granulado puede ser utilizado en jardines, paisajismo o en la construcción de carreteras, además, de en la producción de nuevos neumáticos. Las calles de asfalto con gránulos de caucho absorben más ruido, son más resistentes al desgaste y tienen mejor agarre. El granulado se mezcla con el asfalto con el material asfáltico en ciertas cantidades. Con el objeto de contrarrestar la compactación del suelo, pueden agregarse granulos de caucho a los sustratos de suelo (en una proporción de 10–15%). Este método se ha aplicado en canchas de fútbol, campos de golf y parques públicos. No hay riesgos de emisiones peligrosas de los gránulos de caucho.</p>
<p>ESQUEMAS DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN ADECUADOS</p>	<p>Utilización térmica</p> <p>Los neumáticos tienen un poder calorífico (Hu) de 26 a 32 MJ por tonelada. Estos los hace especialmente adecuados para su utilización como combustible sustituto. Se pueden utilizar en la producción de cemento, en plantas de tratamiento de papel o en plantas de energía (Ver hoja informativa “<u>co-incineración</u>”). En Europa, así como en muchos países fuera de</p>

	<p>Europa, el tratamiento principal para los neumáticos es su utilización en procesos térmicos. En general, los neumáticos usados pueden ser utilizados en los tres tipos de cocción en la producción de cemento (calcinado, secundaria y primaria). A grande escala ha resultado más eficientes su aplicación en los sistemas de cocción secundarios. En este caso, los neumáticos pueden utilizarse sin triturar y además de su poder calorífico, proveen materia prima al proceso. Por eso son tan utilizados en este proceso. El acero de los neumáticos complementa la concentración de hierro en la materia prima y el zinc y el azufre son oxidados y quedan incorporados al cemento producido. Los neumáticos también pueden utilizarse en plantas de generación de energía a partir de carbón pero primero deben ser triturados, lo que resulta en un proceso muy costoso.</p>
<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p>En Alemania hay numerosas empresas y plantas para el procesamiento, reciclado y recauchutado de los neumáticos usados. Las aplicaciones y usos descritos, como el uso de los granulados y polvos de caucho, son muy comunes</p> <p><u>Constructor de plantas, equipos:</u> ANDRITZ MeWa, Gechingen www.andritz.com/index/locations</p> <p><u>Producción de gránulos de caucho y de materiales para el reencauchutado:</u> Genan GmbH, Oranienburg www.genan.de / www.genan.eu Kraiburg Holding GmbH & Co. KG www.kraiburg.de</p> <p>Proveedores de equipos y tecnologías:</p> <p><u>Equipos de trituración:</u> HERBOLD, Meckesheim www.herbold.com EuRec Technology GmbH, Merkers www.eurec-technology.com</p> <p><u>Proceso FORMEX:</u> Berliner-Oberspree Sondermaschinenbau BOS GmbH, Berlin www.bos-berlin.de</p>

ACEITES USADOS

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS:

- Los aceites usados pueden causar daños ambientales severos cuando entran en contacto con aguas o suelos. Una recolección diferenciada y una posterior recuperación debe llevarse a cabo para prevenir impactos negativos

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

La composición aproximada de los aceites usados puede presentarse de la siguiente manera

Cuadro 6: Composición de los aceites usados

Componentes	Porcentaje por peso
Aceite base	60-70 %
Gasóleo	10-15 %
Aditivos	7-15 %
agua	0-10 % ¹
Productos de oxidación ³	4-8 %
Fracción con punto de ebullición bajo	1-6 %
Componentes sólidos ⁴	1-3 %
Base lubricante pesada	0-5 %

1 - Ocasionalmente hasta 50%

2 - Incluyendo los productos de descomposición

3 - Compuesto polares , parcialmente aromáticas de los procesos de oxidación

4 - Partículas de polvo, negro de carbono, sustancias resinosas de menos de 2mm

Es importante la concentración de metales pesados en los aceites usados, ya que, éstos y sus componentes deben ser eliminados en el caso de recuperar los aceites usados para usarlos como aceite base de lubricantes, materia prima para la industria química o combustible, cumpliendo ciertos estándares. Durante la incineración de aceites usados, los metales y otros componentes son recuperados a través de la limpieza de los gases de combustión. La concentración de metales pesados tiene grandes variaciones que dependen, entre otras cosas, la fuente de emisión, la tecnología del motor del vehículo, los hábitos de conducción y incluso de los métodos de análisis utilizados.

LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

En Europa, la “directiva [2008/98/EU](#) sobre residuos” establece normas para alcanzar la mejor utilización posible bajo ciertas condiciones y para asegurar una manipulación y disposición final seguros de los aceites usados

PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO

Las directiva sobre residuos dice: “La gestión de los aceites usados debe efectuarse conforme al principio rector de la jerarquía de residuos y debe darse prioridad a las opciones que brinden el mejor resultado medioambiental global”. Por lo tanto, deben preferirse las opciones procesos de regeneración por medio de refinamiento deben preferirse a la utilización térmica. Si la recuperación no es posible, debe optarse entre alguna forma de disposición final segur (incineración, destrucción, vertido). La recolección diferenciada de los aceites usados es crucial para realizar un tratamiento apropiado y para la prevención de daños al medio ambiente por su disposición inadecuada. ([Marco de directivas de residuos](#), (44))

Para una gestión segura de los aceites usado, deben prohibirse los siguientes puntos:

- Cualquier descarga de aceites usados en aguas subterráneas, superficiales o marítimas y en los sistemas de drenaje.
- Cualquier depósito y/o descarga en suelos y cualquier depósito incontrolado de los residuos generados en el procesamiento de los aceites usados.

	<ul style="list-style-type: none"> - Cualquier proceso que cause contaminación atmosférica de manera incontrolada. <p>Para este propósito, se recomienda que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cualquier empresa/organización que recolecte los aceites usados debe ser registrada y supervisada. Si se puede, incluir un sistema de permisos. - Todas las empresas que realizan la disposición final de los aceites deben tener los permisos pertinentes <p>Los aceites con policlorobifenilos y los trifenilos policlorados (PCBs y PCTs) no pueden mezclarse con otros residuos tóxicos o peligrosos. Cualquier aceite que contenga PCBs, PCTs, o cualquier producto tóxico deben ser destruidos</p>
<p>ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS</p>	<p>Los sistemas de traída son la forma más común para la recolección y recuperación de los aceites usados. La disposición por consumidores individuales puede realizarse vía tiendas de venta, estaciones de servicio, talleres de vehículos, etc. Los arreglos de recogida con empresas recicladores son comunes para los consumidores comerciales. En algunos lugares de Europa hay sistemas de recolección públicos en forma de contenedores especializados o sistemas de recogida en los hogares.</p> <p>Para el transporte de los aceites usados en Europa, debe respetarse el acuerdo europeo sobre el transporte internacional de materiales peligrosos por carretera (ADR, <u>2008/68/EG</u>)</p>
<p>ESQUEMAS DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN ADECUADOS</p>	<p>Los aceites usados pueden ser reciclados material o térmicamente. En el aprovechamiento térmico, los aceites pueden ser utilizados como combustible sustituto por ejemplo, en los hornos de cemento, hornos incineradores, u otros para la generación de vapor y energía eléctrica (Ver hoja informativa "<u>Co-incineración industrial</u>"). También es posible la eliminación en un horno de lecho fluidizado (Ver hoja informativa, "<u>incineración en lecho fluidizado</u>")</p> <p>Para que los aceites puedan ser utilizados como combustibles deben ser tratados de manera de remover el agua y las partículas sólidas.</p> <p>La recuperación material puede realizarse de muchas maneras. A continuación se describen brevemente diferentes procesos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Reutilización:</u> <p>Existe dos métodos para limpiar lubricantes industriales antes de que puedan ser reutilizados.</p> <p><i>Lavado:</i> Este es un un proceso cerrado especial para aceites hidráulicos y aceites para cortes. Para volver el aceite a su estado original, adecuado para su utilización, se limpian los sólidos por filtración, se deshidrata y se incorporan nuevos aditivos.</p> <p><i>Recuperación:</i> Este es un proceso especial para aceites hidráulicos. Estos aceites son, simplemente centrifugados y/o filtrados y luego utilizados , por ejemplo, como aceite para desmoldeo o aceite base para la producción de aceites para cadenas de motosierras.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Re-refinamiento:</u> <p>Mediante este procedimiento se obtiene un aceite base, doblemente refinado. Este es un proceso más costo y complejo que el resto pero permite obtener un aceite de alta calidad. Las tecnologías necesarias son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proceso ácido-arcilla - Destilación / tratamiento químico o extracción con disolventes - Desafaltado por propano - Evaporador de película fina y procesos de hidrotatamiento - Desafaltado térmico - Evaporador de película fina y proceso de reciclaje, refinado del lubricante.

Básicamente, el aceite usado es limpiado. Se extraen los componentes contaminantes como suciedad, agua, combustibles y aditivos a través de destilación al vacío y luego se aplica un hidrotreatmento para remover los químicos remanentes. Finalmente, el aceite re-refinado se combina con aditivos para obtener el lubricante deseado. En general el proceso realizado consta de los siguientes pasos:

- **Deshidratación y extracción de combustibles:** La remoción del agua, y de componentes orgánicos de bajo peso molecular tales como metano, propano, combustibles etc. se realiza por medios gravimétricos en tanques de sedimentación o separadores de placa. También pueden aplicarse procesos de centrifugado o de destilación. Estos pre-tratamientos no son comparables con otros sistemas de tratamientos de aceite ya que de ellos no se obtiene un producto final ni se alcanzan el objeto final del tratamiento completo.
- **Desafaltado:** Remoción de residuos asfálticos (metales pesados, polímeros, aditivos, otros componentes de degradación) por medio de destilaciones y incorporación de ácidos.
- **Fraccionamiento:** Esto incluye la separación del aceite base en 2 o 3 fracciones por medio de la destilación utilizando diferentes temperaturas de ebullición.
- **Terminado:** Limpieza de las diferentes fracciones para alcanzar las características específicas del producto. El terminado puede incluir la remoción de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) por un hidroacabado intenso (alta temperatura y presión) o extracción solvente (bajas temperaturas y presión)

Los aceites usados pueden ser re-refinados una infinita cantidad de veces y son objeto de las mismas rigurosas normas de calidad, propiedades y rendimiento que los aceites nuevos. Sin embargo, los productos nuevos de alta calidad requieren de una calidad y densidad estable, que se obtienen a través de una hidrogenación a alta presión.

La regeneración de aceites produce residuos secundarios, que en el caso de los componentes más ligeros, pueden ser utilizados como combustibles. Los componentes más pesados, que contienen aditivos y componentes carbonados, pueden ser utilizados como componentes de mezcla en la industria del bitumen, donde se incorporan en elementos constructivos como la superficie de carreteras.

Craqueo térmico

El craqueo térmico usa calor para romper las largas cadenas de moléculas de hidrocarburos en más cortas para obtener combustibles líquidos más ligeros. De esta manera, las grandes moléculas del líquido viscoso con hidrocarburos menos valorables se convierten en combustibles líquidos menos viscosos y más valorables.

Para el craqueo de los aceites usados existen diferentes tecnologías que permiten utilizarlos como lubricantes, aceite para incineración, combustible de vehículos y otros. Después de extraer el agua, muchos de los metales pesados se eliminan como un lodo con un tratamiento ácido antes del craqueo. El aceite pre-tratado se craquea térmicamente a 420°C a baja presión (sin catalizadores). Dependiendo de la intensidad del craqueo, los productos obtenidos pueden ser más pesados o livianos, que son adecuados para mezclar con diesel.

El rendimiento típico de un craqueo térmico es de 71 %, esto resulta de los rendimientos parciales en los procesos de 95 % deshidratación, 90 % craqueo térmico, 83% destilación y 99,5 % purificación / estabilización.

La principal desventaja consiste en la gran demanda de energía del proceso, que además, necesita equipamientos sofisticados y por ende costosos. Es difícil que el proceso pueda competir con el uso de los aceites usados directamente como combustible.

<p>PRINCIPALES INFLUENCIAS EN SU UTILIZACIÓN</p>	<p>Los usos prioritarios de los aceites usados serán determinados por factores como el estado local de la escasez/suministro de los recursos relacionados, la disponibilidad de las tecnologías o instalaciones necesarias, el nivel general de precios y los mecanismos financieros que pueden promover la reutilización de los aceites usados. (Por ej, recargos por la disposición de aceites, subsidios por la utilización de aceites recuperados, etc.).</p>
<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p>En Alemania, algunas empresas y proveedores de servicios reconocidos en la gestión de los aceites usados y relacionados a las tecnologías requeridas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BAUFELD-OEL GmbH, München www.baufeld.de - SÜDÖL Mineralöl-Raffinerie GmbH, Eislingen www.suedoel.de - AVISTA OIL AG, Uetze www.avista-oil.com - Starke & Sohn GmbH, Niebüll www.starkeundsohn.de - PURABLUBE GmbH, Zeitz www.puraglobe.com <p>Más información sobre los conceptos de la gestión de aceites usados y sus usos, las tecnologías aplicables y sobre los servicios y empresas proveedoras pueden encontrarse en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bundesverband Altöl e.V. (BVA) www.bva-altoelrecycling.de

PILAS Y BATERÍAS USADAS

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS:

Residuos o componentes de residuos que pueden causar daños ambientales severos al entrar en contacto con suelos o aguas. Una recolección diferenciada y una posterior recuperación debe aplicarse a tales residuos para prevenir impactos negativos. La UE ha implementado una directiva referida a estos residuos que establece los requisitos obligatorios en la recolección y tratamiento a aplicar y determina la responsabilidad de los productores en la gestión de los mismos.

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

Pueden distinguirse dos tipos de baterías. Las primarias (de un solo uso) y las secundarias, o acumuladores (más de un uso por medio de la recarga). Existen, en el mercado, una gran variedad de baterías para diferentes aplicaciones. La tabla nº 1 presenta los tipos de baterías actuales, su composición y características.


Table 7: Componentes y características de distintos tipos de baterías⁵

Tipo de baterías	Sistema químico	Componentes principales	Capacidad (mAh)	Voltaje nominal	Durabilidad
baterías (Primaria)	Alcalina de manganeso (AlMn)	Dióxido de manganeso Hierro Zinc	~ 2.800	1,5 V	1 Ciclo
	Zinc-carbon (ZnC)	Dióxido de manganeso Hierro Zinc	~ 1.200	1,5 V	1 Ciclo
	Litio (Li)	Hierro Dióxido de manganeso Níquel Litio	~ 3.000	1,5 V	1 Ciclo
Acumulador (Secundaria)	Batería de ion de litio (por ej. con Li-NMC, Li-NCA, Li-LFP como material catódico)	Grafito Cobalto Níquel Manganeso Litio	~ 2.400	3,6 V	Hasta 1.000 ciclos
	Níquel-hidruro metálico (NiMH)	Níquel hierro	~ 2.200	1,2 V	Hasta 1000 ciclos
	Níquel-hidruro metálico de baja descarga (LSD-NiMH)	Níquel hierro	~ 2.000	1,2 V	Hasta 1000 ciclos
	Níquel-cadmio* (NiCd)	Hierro Cadmio Níquel	~ 600	1,2 V	Hasta 1.500 ciclos
	Pilas alcalinas de manganeso recargable	Zinc Manganeso	~ 1.800	1,5 V	Mínimo 25 ciclos

Las baterías que contienen mercurio ocupan en el mercado una proporción cada vez menor. Desde el 2015, se prohibió la comercialización de baterías con un más de un 0,005% de mercurio. Sin embargo, las baterías con mercurio siguen circulando y deberán seguir siendo consideradas a la hora de gestionar estos residuos. En Alemania, eran recuperados 1,5 toneladas de mercurio por año proveniente de baterías y acumuladores.

Se recomienda la utilización de baterías de iones de litio como la opción más eficiente en el área de baterías y acumuladores

⁵ Petrikowski, Kohlmeyer, Jung, Steingrübner, Leuthold: Ratgeber - Batterien und Akkus, Umweltbundesamt (Hrsg.), 2012

LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA	<p>El marco legal para gestión de baterías y pilas usadas en la EU esta dada por la Directiva <u>2006/66/CE</u> del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores, y por la que se deroga la Directiva <u>91/157/CEE</u></p>
PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO	<p>Las mejores prácticas para la gestión de este residuos, como se estipula en la directiva mencionada, son el establecimiento de ciertos estándares con respecto al contenido de sustancias peligrosas en baterías y pilas introducidas en el mercado y la gestión de las mismas una vez que se convierten en residuos.</p> <p><u>Producción y comercialización:</u> La prohibición de la comercialización de baterías con mas de un 0,0005% en masa de mercurio y un 0,002% en masa de cadmio establecen una base para la reducción de metales pesados en el mercado y por lo tanto, en los RSU europeos (Se excluyen de la limitación de cadmio a los acumuladores utilizados en sistemas de especiales como de alarmas o de luces de emergencia).</p> <p><u>Manejo de baterías y acumuladores usadas:</u> Para una mayor tasa de recolección, este tipo de residuos deben ser recolectados de manera separada de los otros residuos. El establecimiento de puntos de depósitos separados ha probado ser un sistema de recuperación eficiente. En Alemania, los fabricantes de baterías y acumuladores son obligados, legalmente, a cumplir su responsabilidad por producción en sistemas de recogida. Esto es posible por medio de la participación en sistemas sin fines de lucro y comprensibles de recolección común en puntos especiales o por medio de la aplicación de sistemas propios de recogida. Además, los productores de baterías de vehículos y de baterías industriales deben ofrecer, a sus distribuidores, una opción de devolución. Es posible transferir estos deberes con respecto a la recolección a sistemas de devolución/recolección existentes.</p> <p>Es recomendable el establecimiento de un organismo central que monitoree, controle y publique los productores activos en el mercado para proveer transparencia a todos los involucrados. Los productores deben proveer a este organismo información sobre la marca, la cantidad de productos colocados en el mercado e información sobre el cumplimiento de sus responsabilidades en la recuperación de los residuos. Además, los productores deben asegurar que el transporte (en parte residuos peligrosos) , la separación de distintos tipos de baterías, el tratamiento y el reciclado son realizados de acuerdo a la mejor tecnología disponible</p> <p>No deberían haber cargos a los consumidores privados para lograr una tasa de participación máxima. También, debería ser garantizados que los consumidores finales son suficientemente informados por parte de la empresa productora de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El significado de etiquetas y símbolos impresos en las baterías. Por ej. El significado de etiquetas para sustancias tóxicas. - La obligación legal del consumidor final de llevar las baterías y acumuladores a puntos de recolección oficiales para dar lugar a un reciclaje adecuado. - La posibilidad de disponerlos sin cargo en los puntos de venta de los productores <p>La etiqueta de las todas las baterías y acumuladores con el siguiente símbolo (Fig. 1) informa al usuario de la necesidad de una recolección diferenciada y de la importancia de permitir la un tratamiento y una disposición segura de las mismas.</p> <p>Figura 5: Símbolo para la recolección diferenciada de baterías y acumuladores</p> <div style="text-align: center;">  </div>

ESTRATEGIAS DE
RECOLECCIÓN
RECOMENDADAS

Sistemas de devolución y sistemas especiales de recolección son las formas más comunes para la recolección y la recuperación de baterías y acumuladores usados. La recolección/devolución de las baterías puede realizarse eficientemente a través de los puntos de venta, a través de instalaciones/puntos de reciclaje públicos o sistemas coordinados entre las compañías recicladoras y los usuarios o con campañas especiales de recolección.

Es recomendable que los involucrados en el sistema de recuperación hagan uso de contenedores especiales para llamar la atención y facilitar el almacenamiento seguro de las baterías usadas. Además, los perjuicios de las baterías pueden ser prevenidos en una etapa temprana porque los contenedores pueden ser intercambiados y no necesitan ser vaciados. Las baterías dañadas pueden dar lugar a corto circuitos provocar incendios durante su transporte.

Figura 6: Contenedores para baterías de litio usadas (Fuente de imagen: Intecus GmbH)



Es aceptable y posible que los sistemas públicos de gestión de residuos se involucren, voluntariamente o por ley, en la aplicación de los métodos de recolección/recuperación.

ESQUEMAS DE
TRATAMIENTO Y
RECUPERACIÓN
ADECUADOS

Debido a que rara vez las baterías se recolectan de acuerdo a su tipo, es necesario realizar una separación antes de realizar el reciclado. El primer paso de la separación es clasificar las baterías por tamaño, excluyendo de esta manera a las baterías redondas del proceso. Luego, los procesos más comunes son:

- Proceso electromagnético:

Primero, las baterías son separadas entre las magnéticas (85 % aprox.) y las no magnéticas (15% aprox). Las baterías magnéticas pasan por un campo magnético que cambiará según el sistema electroquímico de las mismas. Hasta 6 baterías por segundo pueden identificarse y clasificarse en tal proceso. La precisión de tal separación alcanza un 98%.

- Proceso con rayos X

Las baterías pasan por un sensor de rayos X. Con la escala de grises del sistema, se detecta el sistema electroquímico. Hasta 20 baterías por segundo pueden identificarse con este sistema. Este sistema tiene una precisión en la separación de un 98% .

Como alternativa a los procesos automáticos mencionados es posible realizarse procedimientos de separación manuales en el caso de pequeñas cantidades. Teniendo en cuenta las condiciones de seguridad apropiadas, la clasificación manual es un procedimiento muy preciso.

Los productores de baterías alcalinas-manganeso y zinc-carbono marcan sus productos con un código UV especial para realizar una separación de las baterías que contienen mercurio de las que no. Este código puede ser leído por un sensor UV.

Para los subsiguientes procedimientos de reciclado existen requisitos mínimos de calidad y eficiencia. Es importante asegurar que todos los tipos de baterías identificadas y separadas sean tratadas y recicladas adecuadamente. En Alemania, para monitorear y desarrollar los procesos se creó un organismo central que realiza tareas de información/documentación sobre las instalaciones de tratamiento.

TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS Diferentes procesos metalúrgicos pueden aplicarse para los distintos sistemas electroquímicos. Pueden distinguirse procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos, los cuales serán explicados más adelante. Las principales diferencias son las siguientes:

Tabla 8: Ventajas y desventajas de los procesos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos

	Proceso pirometalúrgico	Proceso hidrometalúrgico
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Alta velocidad de reacción. Alta eficiencia. Alto rendimiento. Adecuado para componentes complejos. Menos sensible a las variaciones del material tratado. 	<ul style="list-style-type: none"> Muchas reacciones diferentes y selectivas (Pureza del material obtenido). Fácil de regular con un ingreso de materiales con composición estable. Pocos problemas con las emisiones.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Menor reacciones selectivas (Menor pureza del resultado obtenido). Puede ser necesario que los pasos del proceso se repitan. Altos niveles potenciales de ruido y emisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> Velocidad de reacción lenta. Baja eficiencia y rendimiento. Sensible a la variación en las características de los materiales tratados. Los residuos del proceso pueden ser problemáticos durante su disposición.

Baterías zinc-carbono y alcalinas de manganeso

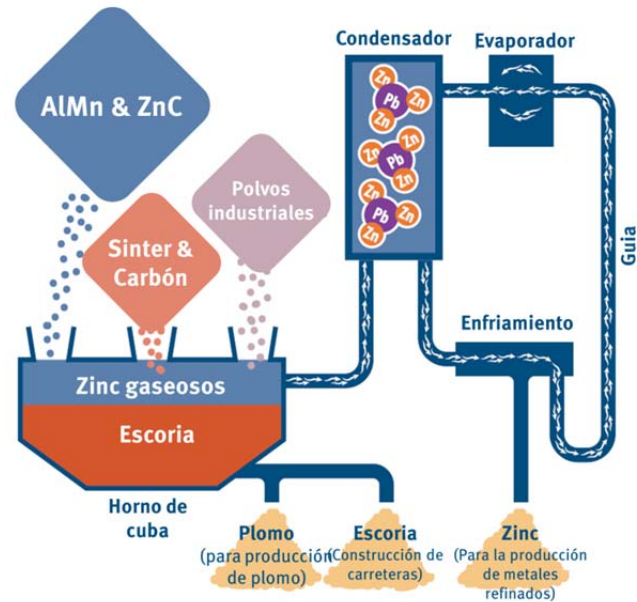
a) *Horno rotatorio* – El tratamiento en el horno rotatorio es una tecnología para fundición. En este caso, el horno rotatorio es alimentado con baterías con zinc (junto con arena y coque). El zinc se oxida y evapora a la temperatura de 1300°. Luego de enfriarse, los óxidos son recolectados y derivados a plantas de fundición primaria de zinc para producir zinc virgen. La escoria producida puede utilizarse en la construcción de carreteras. A continuación se presenta un esquema del proceso:

Figura 7: Esquema de el tratamiento de bateras usadas en un horno rotatorio



- b) *Proceso fundición imperial (alto horno)* – En este procedimiento puede obtenerse zinc en forma metálica. Aquí también, el zinc es evaporado y luego, se pasa por un condensador de plomo donde es enfriado. El zinc se adhiere al plomo. Ambos metales son enfriados y separados nuevamente. El plomo es devuelto al condensador mientras el zinc puro se acumula y luego se deriva para su refinamiento y nueva producción.

Figura 8: Esquema del proceso de fundición imperial.



- c) *Otros procesos* – Los materiales reciclados de las baterías alcalinas y las baterías zinc carbono pueden ser tratados como sigue:

- Horno de arco eléctrico, para la producción de acero
- Horno de arco eléctrico, para la producción de ferromanganeso,
- Horno de oxígeno, para la producción de ferromanganeso
- Horno rotatorio

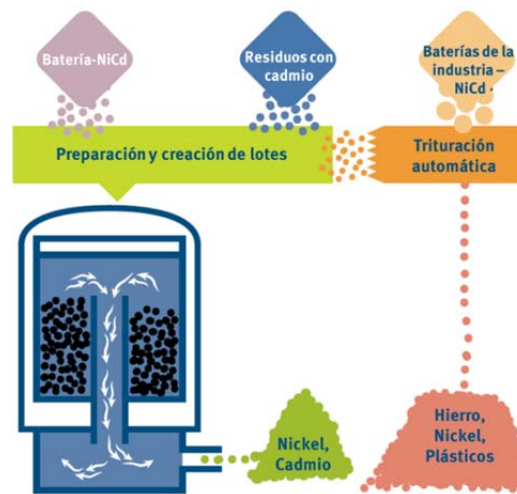
Como en los procesos mencionados anteriormente el zinc es evaporado y recuperado del material compuesto. Sin embargo, estos procesos son menos comunes

- Proceso de desmantelamiento: Las baterías alcalinas del tipo C y D son abiertas mecánicamente y luego, desmanteladas. Los productos obtenidos son óxidos de zinc, hierro y óxidos de manganeso

Baterías de níquel-cadmio

Los acumuladores de níquel-cadmio pueden ser tratados térmicamente. En este caso el cadmio es extraído (destilado) en un ambiente al vacío o inerte. El acero-níquel remanente se deriva a la producción de acero. Debido a la pequeña cantidad de este tipo de baterías que existen, la capacidad actual de Europa para tratarlas se considera suficiente. Un esquema de un procedimiento en particular (procesos de Accurec) se muestra en la figura.

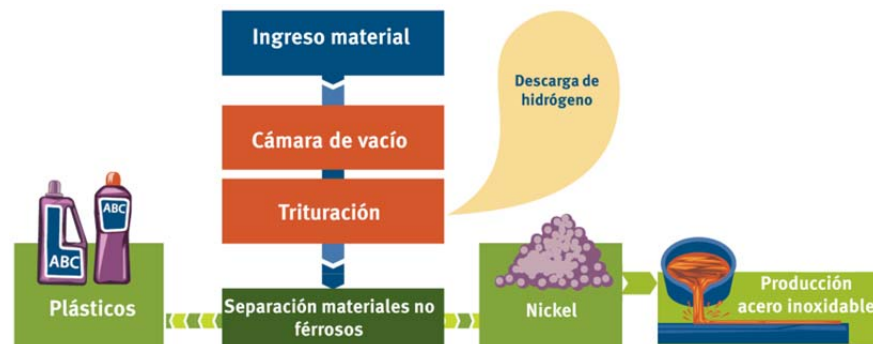
Figura 9: Esquema del proceso para tratar baterías NiCd



Baterías níquel-hidrurometálico

El punto de mayor importancia en este procedimiento es la recuperación del níquel. Uno de los procedimientos aplicados hoy en día es la trituración al vacío de donde se obtiene una sustancia de níquel prematura que necesita tratamientos posteriores. Debido a la posible emisión de hidrógeno durante este tratamiento, debe realizarse el tratamiento en una atmósfera segura (al vacío). El procedimiento puede verse en el siguiente esquema para el proceso NIREC. El níquel obtenido se utiliza en la industria del acero para obtener aleaciones especiales.

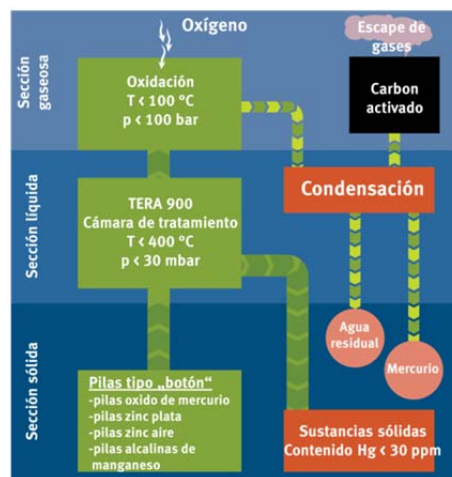
Figura 10: Esquema del reciclado de baterías NiMH para el proceso NIREC



Acumuladores de plomo

Básicamente, hay dos maneras de recuperar el plomo de los acumuladores. O las baterías son tratadas previamente a la fundición y sus materiales separados por categorías (plásticos, plomo, ácido, etc) o se las funde directamente, luego de haberles extraído todo el ácido. Una vez que el ácido es drenado completamente, las baterías son introducidas en un horno de fundición. En el horno son fundidas en una mezcla que contiene coque, caliza y hierro. Estos aditivos promueven la fundición y los procesos de transformación dentro del horno y ayudan a recuperar el plomo paso a paso, y limpiarlo de las impurezas. Por ejemplo, el proceso es empleado por la empresa productora de baterías VARTA. Otro producto del proceso del horno de fundición son los gases emitidos. Además de monóxidos y dióxidos de carbono, contienen partículas de polvo con alto contenido de plomo y residuos de la pirólisis de los plásticos. Para limpiar estos gases, primero se quema todo su contenido orgánico. Quemadores de gas calientan este gas desde los 200°C a 1100°C. Después de enfriado, el gas pasa por un sistema de filtros que recolecta casi el 100% de los polvos. El polvo recolectado tiene un 65% de plomo, lo cual le da cierto valor. Luego de un pretratamiento, es devuelto al horno de fundición.

Figura 13: Esquema para el reciclado de baterías que contienen mercurio



**EMPRESAS
PROVEEDORAS
RECONOCIDAS**

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

En Alemania, la recolección de baterías y acumuladores usados son parte de las responsabilidades de los productores. En el 2014 se instalaron mas de 170.000 puntos de recolección y vaciados por los siguientes sistemas de recolección/devolución:

- Fundación GRS (GRS Batterien - Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien) www.grs-batterien.de
- Sistema de devolución de un productor: REBAT, www.rebat.de
- Sistema de devolución de un productor: ERP Deutschland www.erp-recycling.de
- Sistema de devolución de un productor: Öcorecell www.ifa-gmbh.com

Los sistemas de recolección deben asegurar una tasa de recolección de 40% por año, que aumentará a un 45% en 2016. En el año 2014 alrededor de 19,142 toneladas de baterías y acumuladores fueron recolectadas.

En Alemania hay muchas instalaciones para el tratamiento de las baterías. Algunas plantas de reciclado de referencia que aplican los procesos mencionados anteriormente son:

Tabla 9: Plantas de referencia

Proceso	Horno Rotatorio	Fundición Imperial	Horno arco eléctrico
Ubicación	Goslar	Duisburg	Duisburg
baterías tratadas	5%	2-3 %	2-3 %
Producción	Óxido de zinc, escoria	Zinc, escoria	Polvo de zinc, plomo, escoria, hierro

Otras empresas proveedoras que proveen servicios relacionados al reciclado de baterías son ,por ejemplo:

- Reciclado de baterías AlMn y ZnC o baterías NiMH: Redux GmbH, Dietzenbach www.redux-gmbh.de
- Reciclado de baterías que contienen mercurio: REMONDIS QR GmbH, Dorsten www.remondis-qr.de
- Reciclado de baterías NiCd o baterías de litio: Accurec GmbH, Mülheim/Ruhr www.accurec.de
- Reciclado de baterías de plomo: BSB Braubach der Berzelius Metall GmbH, Braubach www.berzelius.de
HOPPECKE Metallhütte GmbH & Co. KG, Brilon www.hoppecke.de

RESIDUOS APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS:

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos consisten en productos o componentes que pueden causar daños ambientales severos debido a las sustancias y materiales peligrosos que contienen. También, tienen un gran valor potencial y una gran capacidad ser recuperados, por lo que es importante que se realice una recolección y un tratamiento diferenciados.

La UE implementó en la “directiva [2012/19/EU](#) sobre sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos” los requisitos a cumplir en la recolección y tratamiento de los RAEE y obliga los productores a cumplir con la “responsabilidad por producción”.

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

Los RAEE comprenden un gran espectro de productos. Este flujo de residuos se divide en 10 categorías diferentes de acuerdo con la directiva Europea 2012/19/EU, donde los materiales componentes varían considerablemente por categoría.

1. Grandes electrodomésticos (HHGG)
2. Pequeños electrodomésticos (HHKG)
3. Equipos de informática y telecomunicaciones
4. Aparatos electrónicos de consumo y paneles fotovoltaicos
5. Aparatos de alumbrado
6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de herramientas industriales fijas de gran envergadura)
7. Juguetes o equipos deportivos y ocio
8. Productos sanitarios
9. Instrumentos de vigilancia y control
10. Máquinas expendedoras

La Tabla 10 muestra valores orientativos de los materiales que componen los „grandes electrodomésticos (lavarropas, horno, etc.), los pequeños electrodomésticos (tostadora, freidoras, etc.) y los equipos de informática y telecomunicaciones (Teléfono, fax, impresoras, etc.)

Tabla 10: Componentes de los electrodomésticos de distintas categorías (según EMPA 2009)

Material	Grandes electrodomésticos	Pequeños electrodomésticos	Aparatos inform. / telecom.
Hierro	43	29	36
Aluminio	14	9,3	5
Cobre	12	17	4
Plásticos	19	37	12
Vidrio	0,017	0,16	0,3
Oro	6,7E-07	6,1E-07	2,4E-04
Plata	7,7E-06	7,0E-06	1,2E-03
Paladio	3,0E-07	32,4E-07	6,0E-05
Indio	0	0	5,0E-04
Plomo	1,6	0,57	0,29
Cadmio	0,014	8,3E-03	0,018
Mercurio	3,8E-05	1,9E-05	7,0E-05
Plásticos bromados	0,29	0,75	18
Vidrio con plomo	0	0	19
Otros	10	6,9	5,7


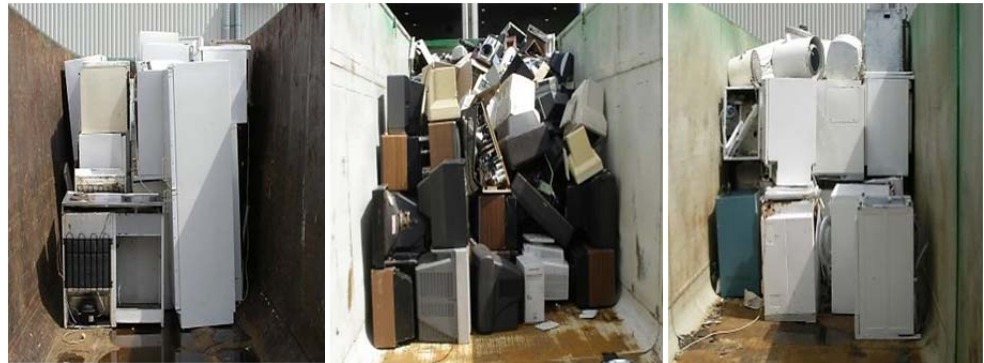
<p>LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA</p>	<p>La legislación vigente con respecto a los RAEE esta dada por la “DIRECTIVA 2012/19/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)” y en la “DIRECTIVA 2011/65/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 8 de junio de 2011 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos”. Los Estados miembros son obligados a reportar las cantidades recolectadas y tratadas de RAEE en una base bi anual de acuerdo con la decisión de la comisión 2005/369/EG.</p>
<p>PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO</p>	<p>La UE considera a los RAEE materiales con un gran valor potencial pero también, considera que contienen una cantidad considerable de sustancias y materiales peligrosos que presentan un gran riesgo para el medio ambiente si son vertidos sin las precauciones y tratamientos previos adecuados. Por eso, las directivas mencionadas regulan la recolección y tratamiento de los RAEE y establece restricciones al uso de ciertas sustancias peligrosas en la fabricación de equipos eléctricos y electrónicos. De acuerdo con éstas, los productores deben establecer mecanismos de recuperación y tratamiento de los RAEE (Responsabilidad del productor). Los productores están obligados, legalmente, a etiquetar los productos que colocan en el mercado con el símbolo de la figura 1. Se debe informar a los consumidores sobre la necesidad de recolectar los RAEE de forma separada de otros residuos para aplicar un tratamiento adecuado. Los consumidores deben tener la posibilidad de desprenderse de los AEE sin ningún cargo.</p> <p>En los estados fuera de la UE, donde el tratamiento de estos residuos no está regulado ,debería aplicarse un sistema de recolección de los RAEE para poder realizar una recuperación eficiente de los materiales de cierto valor y prevenir daños al medio ambiente causados por la disposición inadecuada.</p> <p>Figura 14: Símbolo para la recolección diferenciada de equipos eléctricos y electrónicos</p>  <p>Los estados de la UE deben garantizar que los nuevo AEE no contengan, desde el 1 de julio del 2006, plomo, mercurio, cadmio, cromo (VI) y retardantes de llama brominados (bifenilos polibromados (PBB) o polibromodifenil éteres (PBDE)). Algunas expeciones referidas, por ejemplo, a lámparas fluorescentes, son definidas detalladamente en el anexo de la “Directiva 2011/65/EU”. Los objetivos a cumplir con la recolección, recuperación y reutilización de los RAEE deben ser regularmente analizados y si es necesario, redefinidos, teniendo en cuenta las experiencias y progresos tecnológicos y económicos. Actualmente deberían alcanzarse tasas de reciclado de 55 al 80%. Además, los estados miembros de la UE deben alcanzar una tasa de recolección de RAEE de 45%, calculados con el peso total de los RAEE recolectados en un año por el promedio de los AEE puestos en el mercado los 3 años anteriores en ese Estado. Desde el 2019, la tasa de recolección estipulada será de 65%.</p>
<p>ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS</p>	<p>Las siguientes maneras de realizar la recolección de los RAEE han probado ser eficientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que los usuarios finales tengan la posibilidad de retornar los AEE a las tiendas comerciales por medio de aplicar una obligación legal a éstas (sólo si los artículos vendidos tienen un tamaño mínimo) o por medio de métodos de devolución a los distribuidores basados en acuerdos voluntarios. - Utilización de mecanismos de recolección basados en puntos municipales de recolección común (centros de reciclaje, puntos verdes, etc) y en la recolección selectiva (recolección en la calle) de los residuos por parte de las autoridades correspondientes.

Figura 15: Recolección diferenciada de los RAEE en contenedores de gancho en un centro de reciclaje
(Fuente de la imagen: INTECUS GmbH)



- En los lugares de recolección públicos, utilizar contenedores especiales (Por ej. contenedores de gancho particionados) para recolectar los RAEE en distintas fracciones (Por ej. Heladeras, tubos fluorescentes, televisores, equipos de comunicación, productos multimedia, etc.). Luego, en los puntos de recolección debe cuidarse que las fracciones de residuos sean separadas apropiadamente y de esta manera, derivadas a los subsiguientes tratamientos de reciclaje que correspondan.
- Estipular requisitos especiales para la recolección de RAEE que contengan baterías de ion de litio, ya que el almacenamiento y transporte presentan grandes riesgos de incendio.

Para asegurar el cumplimiento de las obligaciones de recuperación, en Alemania, los productores y vendedores deben registrarse en un registro especial llamado “stiftung elektro-altgeräte register (EAR)”. Los productores de productos para consumidores (B2C) deben realizar un depósito de garantía como parte de su registro. www.stiftung-ear.de

ESQUEMAS DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN ADECUADOS

Procesos de reparación y reacondicionamiento.

Los procesos de reparación y reacondicionamiento de los RAEE deben ser la primer opción a elegir a la hora de tratar los RAEE. Estos dependen del la forma de recolección y el estado de los RAEE. Las diferentes opciones pueden incluir.

- La reventa de los RAEE cuyo funcionamiento ha sido comprobado y tengan buena apariencia
- El reacondicionamiento y reparación para su reutilización
- La recuperación y utilización de los componentes en buenas condiciones.

Las técnicas de recuperación presentan un gran riesgo cuando se realizan sin las medidas adecuadas de precaución personal y del medio ambiente. Esto suele darse en países menos desarrollados y pueden encontrarse prácticas no recomendadas como la quema al aire libre de los aislantes de cables echos de PVC, la disolución de placas de circuitos impresos con baños ácidos abiertos.

Desmantelamiento

El desmantelamiento de los RAEE se realiza para separar los componentes peligrosos (Por ej. Bifenilos policlorados, condensadores, sistemas de medición que contienen mercurio) y los componentes valiosos, reutilizables o metales. El desmantelamiento se lleva a cabo, principalmente, de manera manual (Figura 3). Durante el desmantelamiento pueden generarse las siguientes fracciones de materiales

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| - Metales férricos y no férricos | - Vidrios de monitor |
| - Cables | - Componentes plásticos y metálicos |
| - Elementos plásticos | - Placas de circuitos impresos |
| - Caucho | - Baterías |
| - Madera | - Sustancias peligrosas |

Figura 16: Lugar de trabajo para el desmantelamiento de monitores (izq.) y vidrios de monitores separados (der.) (Fuente de imágenes: INTECUS GmbH)



El grado de desmantelamiento y separación de los componentes depende las opciones de reciclaje disponibles. Para cada fracción de componentes y materiales pueden aplicarse los métodos de tratamiento explicados en este documento.

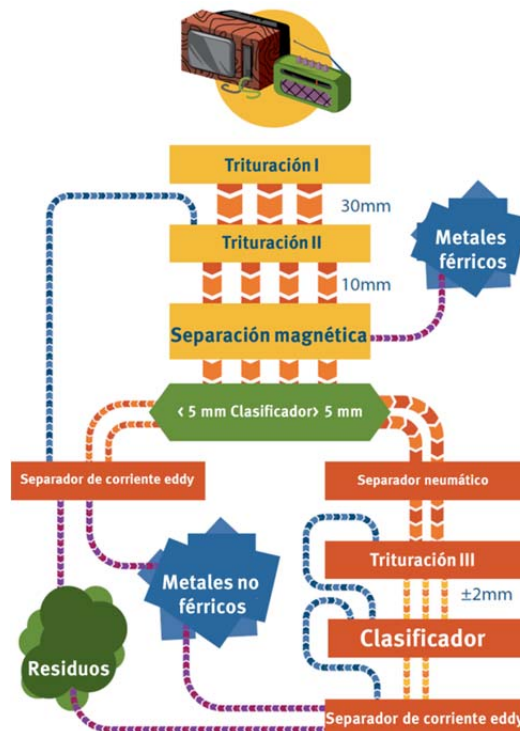
Tratamientos de los RAEE

Los tratamientos de los RAEE comprenden a todos aquellos procesos mecánicos o químicos que se aplican a los RAEE con el objeto de recuperar los materiales reciclables

- Proceso mecánico:

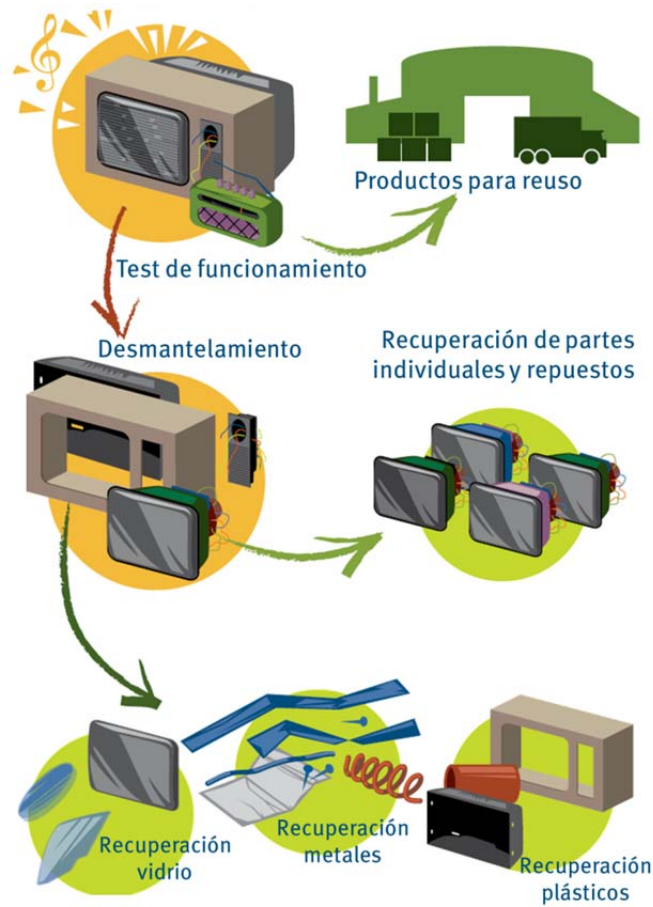
Los procesos mecánicos se aplican para la recuperación de los componentes plásticos y metálicos. Se presenta a continuación un esquema de como puede ser un posible proceso mecánico

Figura 17: Esquema de un tratamiento mecánico posible de los RAEE



Existen distintas opciones de reciclado y reutilización dependiendo de la combinación de distintos métodos y técnicas de tratamiento. Que integradas en un proceso más grande pueden resultar en un tratamiento moderno y eficiente de los RAEE.

Figura 18: Posible combinación de procesos en una planta de tratamiento de RAEE



Tales disposiciones se valen de varias estaciones de trabajo para el desmantelamiento y la recuperación, cada una especializada para un tipo de elemento específico como monitores, ordenadores personales (PC), equipos de gran tamaño o pasos donde se realicen cortes por plasma, etc.

Para procesar los RAEE complejos se comienza removiendo y separando los componentes o materiales para un tratamiento posterior. Existen tecnologías de trituración que ayudan en la separación de materiales y en la reducción de volúmenes. Con una serie de separadores magnéticos y otros tipos de separadores (Por ej. Separador de corriente eddy, o separadores de aire) es posible separar los metales de los no metales y, los metales férricos de los no férricos.

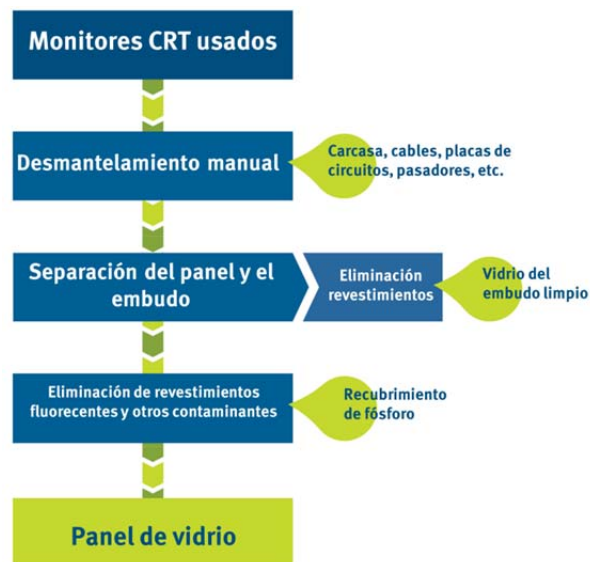
La calidad de las fracciones de materiales obtenidas para tal tratamiento pueden se estimadas como sigue.

Tabla 11: Calidad de las fracciones de materiales generados en los tratamientos mecánicos de los RAEE

Materiales generados	Férricos [Masa.-%]	No férricos [Masa.-%]	No metales [Masa.-%]
Metales férricos	95-99	0,1-5	0,5-5
Metales no férricos		>95	0,5
Plásticos y polvos	0-2	1-5	>95

general, sulfuros de zinc o plomo y cadmio. Debe realizarse una aspiración al vacío húmeda o seca con filtros de polvo de alta eficiencia para la separación de los recubrimientos potencialmente peligrosos. Los fabricantes de vidrios para CRTs requieren que los metales ferrosos y los no ferrosos sean removidos de los vidrios antes de aceptarlos para su reutilización. Esto puede ser realizado con una polea magnética para separar los metales ferrosos y separadores de caída vertical para separar los metales no ferrosos de plásticos. El producto obtenido es vidrio triturado, limpio y listo para colocar en los hornos correspondientes.

Figura 20: Esquema de tratamiento simplificado de monitores



Los monitores que hoy dominan el mercado (pantallas planas) funcionan en base de una pantalla con líquido (LCD) o con muchos diodos emisores de luz (LED). El proceso de reciclado de estas pantallas comienza con un desmantelamiento de los LEDs para prevenir las emisiones de mercurio causadas por los LEDs dañados. Alternativamente, existen instalaciones que trituran las pantallas planas mientras aspiran las emisiones de mercurio. Los materiales triturados son automáticamente clasificados y separados en distintas fracciones.

Fracción de plásticos

Para una recuperación efectiva de los materiales plásticos el sistema debe contar con:

1. Reducción de volumen y purificación (remoción de contaminantes).
2. Separación por tipos de plásticos. Esto puede ser por un proceso de 3 pasos de separación por densidad (2 pasos en separadores ciclónicos y un tercer paso de separación por flotación y hundimiento) y un cuarto paso de separación electrostática
3. Caracterización e identificación de las fracciones plásticas, determinando las características físicas de los plásticos separados

Después de estos procesos pueden generarse 6 tipos de plásticos

- Mezcla de polietileno y polipropileno
- Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)
- Poliestireno de alto impacto (HIPS)
- Policarbonatos (PC)
- Mezcla de policarbonatos y ABS
- Otros plásticos como nylon o PVC

Las mezclas de polietileno y polipropileno pueden ser reinsertados en el mercado sin ningún otro tratamiento. El HIPS, ABS, policarbonato y policarbonato/ABS son los que presentan mayor valor y pueden ser utilizados como materia prima. Los otros plásticos, como nylons y PVC no presentan un valor que justifique su posterior tratamiento.

	<p>Placas de circuitos impresos y RAEE complejos</p> <p>Las principales fuentes de metal en el desmantelamiento de equipos electrónicos son las placas de circuitos impresos y los residuos complejos. Los RAEE complejos incluyen discos duros, disquetes, carcasas, chasis, impresoras, teclados, etc. Se requieren diferentes métodos y equipamientos para tratar las placas de circuitos impresos y los residuos complejos.</p> <p>Las placas de circuitos impresos contienen los metales de mayor valor así como algunos metales tóxicos. Hay una proporción de 10 a 100 veces mayor de metales preciosos en las placas de circuitos impresos que en la misma cantidad en peso de mineral de una mina.</p> <p>La mayoría de los procesos de reciclados de los RAEE complejos comienzan con un trabajo de desmantelamiento y luego continúan con varios pasos destinados a la trituración y segregación de los componentes de distinta naturaleza.</p> <p>La mayoría de las placas de circuitos impresos son enviadas a instalaciones de fundición de cobre para recuperar los metales preciosos y el cobre. Sin embargo, enviar las placas de circuitos impresos completas es ineficiente, ya que éstas están compuestas por un 70% en peso de materiales no metálicos. Una mejora significativa en la recuperación de metales puede darse separando los materiales metálicos de los no metálicos usando diferentes procesos técnicos previos, aumentando así la pureza del material enviado a las fundidoras. Para esto, se pueden utilizar técnicas utilizadas por las industrias de los minerales. Este proceso incluye una trituración, tamizado, separación y concentración para aumentar las propiedades de un mineral de manera que sea viable económicamente la extracción del metal.</p> <p>La fundición puede realizarse de distintas maneras (proceso de refinamiento) que sirven para recuperar distintos metales. Los metales preciosos son separados de otros metales de la mezcla fundida, acumulando los otros en la escoria con contenido de plomo. El cobre y los metales preciosos se separan por lixiviación durante un proceso electrolítico. En la subsiguiente refinación se obtienen metales preciosos de gran pureza. Otros metales como níquel y plomo son recuperados en procesos paralelos.</p>
<p>IMPLICANCIA EN OTROS SECTORES</p>	<p>El tratamiento de los RAEE con el propósito de reciclarlos o reutilizarlos necesita de un buen número de trabajadores, en especial, para realizar operaciones como la reparación, reacondicionamiento y desmantelamiento. Además de proveer entrenamiento, presenta una oportunidad para gente con discapacidades, menos calificadas o socialmente desfavorecidas de encontrar trabajo. Talleres especializados y organizaciones benéficas están activas en este campo.</p>
<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p>En Alemania y Europa, existe una red de plantas de tratamiento interconectadas para el desmantelamiento y tratamiento de los RAEE. Estas instalaciones son montadas por empresas de disposición de residuos o por compañías independientes. Ejemplos de plantas de tratamiento en Alemania son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berliner Stadtreinigungsbetriebe, Berlin www.bsr-online.de - REMONDIS Electrorecycling GmbH, Lünen www.remondis.de - ALBA Electronics Recycling GmbH, Eppingen www.alba.info/the-recycling-company.html - GWAB Recycling-Zentrum, Wetzlar www.gwab-recycling.de - Stena Recycling Sweden, Standort Wangerland www.stenatechnoworld.com/de/ <p>Más información sobre los procesos de reciclado de los RAEE y sobre las compañías activas en esta área pueden obtenerse de las siguientes organizaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, e.V. www.zvei.org - Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V. www.bde.de - Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. www.bvse.de

RESIDUOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES, DE DESCARGA Y OTRAS

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS

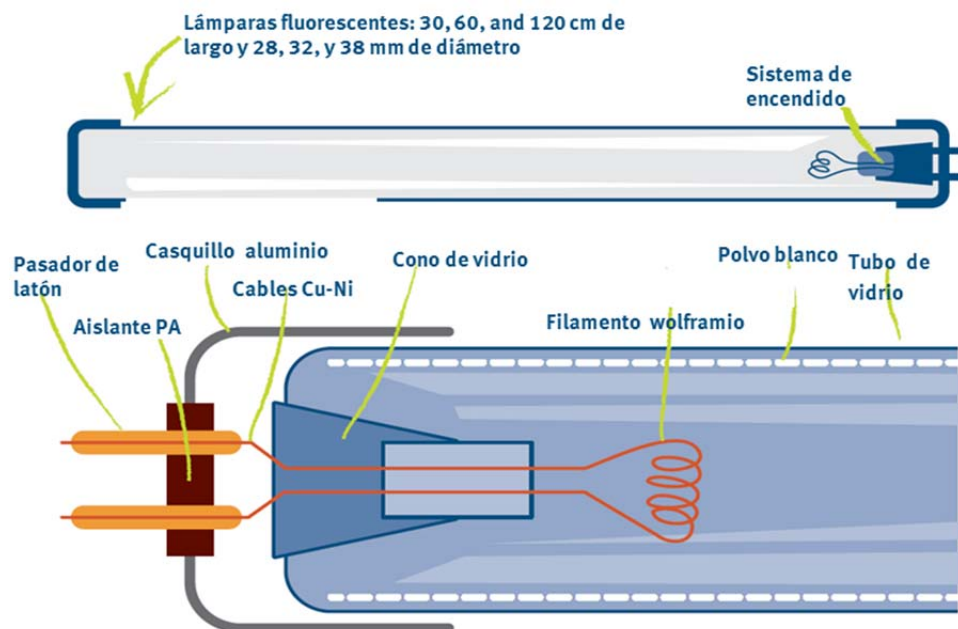
- Especialmente las lámparas de descarga contienen sustancias nocivas en su interior como mercurio, por lo tanto, requieren una recolección y un tratamiento especializado.

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

Además de la cubierta de cristal y de los extremos de metal echos de acero y aluminio, las lámparas fluorescentes y de descarga contienen entre 0,003–1,5 g de mercurio, dependiendo del tipo y el fabricante.

Concentraciones de mercurio en Lámpara fluorescentes:	0,003–0,015 g
Lámpara de vapor de sodio a alta presión:	0,03 g
Lámparas ahorradoras:	0,007 g
Lámparas de descarga :	1,5 g

Figura 21: Esquema de lámpara fluorescente



Las lámparas incandescentes y de haluro metálicos no contienen mercurio y, por lo tanto, no son consideradas residuos peligrosos. Las lámparas ahorradoras se venden sin balasto electrónico o con un balasto incorporado.

LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) están regulados por las directiva "DIRECTIVA 2012/19/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)" y "DIRECTIVA 2011/65/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 8 de junio de 2011 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos"

PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO

Debido a sus posibles contenidos de mercurio, las lámparas fluorescentes y de descarga deben ser considerados como residuos potencialmente peligrosos a los que debe aplicarse un tratamiento especial y una disposición final controlada. Esto significa la protección del medio ambiente durante su uso, recolección y disposición.

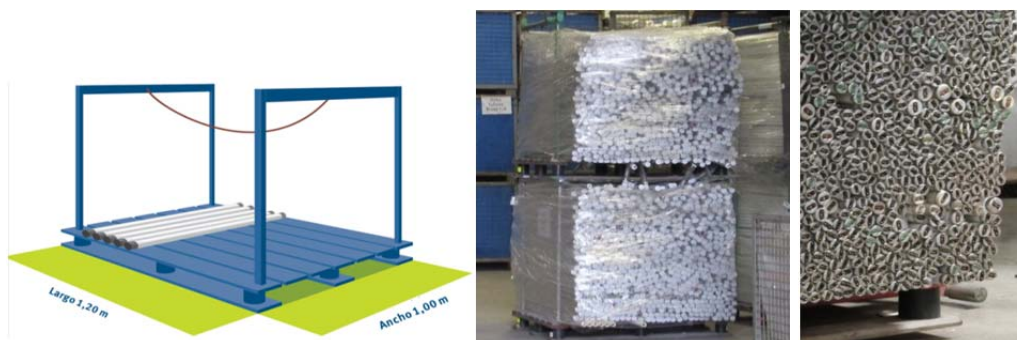
Debe estar estrictamente prohibida la disposición de estas lámparas junto con otros residuos. Esto no aplica a las lámparas ordinarias como las incandescentes que pueden ser dispuestas junto con los residuos domiciliarios sin ningún inconveniente.

ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS

Las lámparas fluorescentes y de descarga ocupan un 50% del mercado. Las más comunes son las tubulares con un largo total de 120–150 cm. Estos productos no deben ser dispuestos junto con otros residuos ni recolectado por los sistemas de recolección ordinarios. La recolección debería ser realizada por sistemas de recolección específicos para los RAEE o aplicando esquemas de recolección de residuos peligrosos o estaciones de reciclaje donde los usuarios puedan depositarlos

En las situaciones donde grandes cantidades de estos residuos sean generados (fábricas, oficinas, escuelas, sitios de construcción o demolición), puede realizarse una recolección diferenciada en receptores especiales.

Figura 22: Opciones más adecuadas para la recolección de estas lámparas (Fuente de imágenes: Intecus GmbH)



Para lámparas pequeñas como las ahorradoras, son adecuados tachos plásticos de 200 litros o palet-box de plástico. Para el transporte de estos residuos deben utilizarse receptáculos especiales como toneles metálicos o plásticos, de diferentes tamaños. Los residuos con mercurio deben ser transportados en contenedores de acero.

En el marco de la responsabilidad del productor de recuperar los residuos, se pueden organizar diferentes esquemas de recolección y recogida de éstas lámparas en grandes áreas. Una solución apropiada es la formación de organizaciones colectivas de los productores que se ocupen del tratamiento de los residuos de éstas de manera más eficiente en materia económica y ambiental por medio de redes establecidas de puntos de “devolución”, centros de reciclaje y/o recogida directa de grandes consumidores.

ESQUEMAS DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN ADECUADOS

El objetivo de cualquier tratamientos de lámparas de descarga es , primero, separar, quitar y eventualmente disponer, de manera confiable, los componentes peligrosos sin causar ningún daño al medio ambiente. Segundo, recuperar los materiales con valor de mercado como los vidrios y los metales para reinsertarlos en los procesos de producción.

Para asegurar que ambos son realizados de manera amigable con el medio ambiente, las lámparas fluorescentes son tratadas con el método Kapp-Trenn® (Corte y separación). Para este proceso es recomendable una preclasificación de las lámparas por largo.

El vidrio de calidad especial reciclado es el principal producto obtenido y puede usarse directamente para la producción de nuevas lámparas fluorescentes o otras lámparas de descarga. Los componentes de metal separados (aluminio, acero) son recuperados como materias primas para producción. Los vidrios que contengan plomo pueden ser utilizados directamente para obtener plomo reciclado. También puede recuperarse el mercurio.

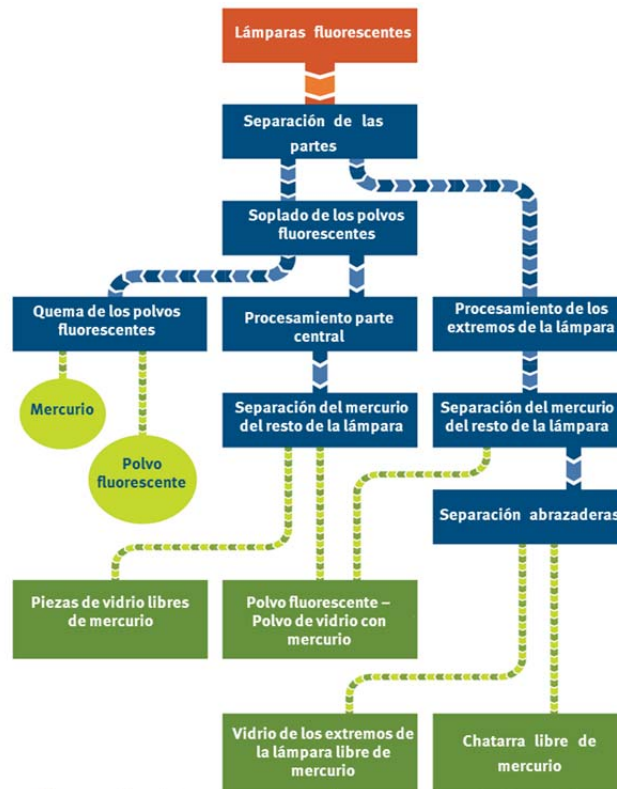
Las sustancias y materiales contaminados (generalmente menos del 10%) , después de ser separados apropiadamente (contenedores), pueden ser depositados en minas subterráneas (Ver hoja informativa: “[Vertedero de residuos peligrosos](#)”)

TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS

Proveedor y operador del método „ Kapp-Trenn®” es la compañía LAREC® en Alemania. Con esta tecnología especial de “desmontaje” se obtienen materiales limpios para la directa reinsertión en los procesos de producción. El proceso „ Kapp-Trenn®” de LAREC® es automático y puede manipular hasta 6.000 lámparas por hora.

La idea de este método es separar los extremos de las lámparas de la parte intermedia (menos contaminada con mercurio) por medio del calentamiento y enfriamiento brusco del vidrio de los extremos. El tubo abierto es limpiado por soplado. Después de la trituración del vidrio, éste puede ser reciclado directamente por los productores de vidrio. Si es suficientemente puro, los cabezales de aluminio sirven para la fundición de aluminio. El mercurio es recuperado térmicamente y también puede ser reciclado. Las sustancias fluorescentes, que están mezcladas con un poco de polvo de vidrio, deben ser dispuestas como residuos peligrosos o pueden ser devueltas a los productores para que intenten recuperarlos.

Figura 23: Esquema del proceso Kapp-Trenn® ofrecido por LAREC® (www.larec.de)



Hay esquemas móviles para aplicar éste método de corte y separación que pueden suplantar estaciones fijas de tratamiento de lámparas fluorescentes y de descarga. Un ejemplo de este concepto es el que ofrece la empresa alemana HERBORN.

Las lámparas usadas que han sido recolectadas en cajas son enviadas a la unidad de reciclaje móvil. Aquí los cabezales de metal son separados de el vidrio, el vidrio es triturado y el polvo fluorescente con contenidos de mercurio es succionado. El aire contaminado atraviesa distintos tipos de filtros incluso un filtro de carbón activado. El sistema opera con presión negativa para evitar cualquier escape de sustancias al exterior. Los otros componentes de la lámpara son dirigidos a procesos térmicos. Los cabezales de metal son limpiados de cualquier material extraño en otros tratamientos separados.

**EMPRESAS
PROVEEDORAS
RECONOCIDAS**

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

Algunos proveedores de tecnologías y servicios relacionados al reciclaje de lámparas usadas en Alemania son, por ejemplo:

- LIGHTCYCLE Retourlogistik und Service GmbH, München
- LAREC Lampen-Recycling GmbH, Brand-Erbisdorf
- HERBORN GmbH, Ginsheim-Gustavsburg

- www.lightcycle.de
- www.larec.de
- www.system-herborn.de

RESIDUOS MÉDICOS Y HOSPITALARIOS

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS.

- Los residuos médicos y hospitalarios están compuesto por diversos materiales incluyendo residuos infecciosos. Los componentes infecciosos componen un 3 % de los residuos generados en los hospitales y otras instalaciones sanitarias. Estos residuos son considerados “residuos peligrosos” debido al alto riesgo de infección que representan. Por lo tanto, deben recibir un tratamiento especial.

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

Los residuos hospitalarios son clasificados según el catálogo de residuos europeo. Se da una definición de los residuos médicos y hospitalarios en la directiva para las instalaciones para la disposición de residuos hospitalarios (Mitteilung 18) establecida por la “German Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall” (LAGA, Comité de residuos estatal/ federal) (www.laga-online.de/servlet/is/23874/). Una clasificación parecida es dada por la OMS.

Los residuos médicos, dependiendo del tipo, composición, propiedades y las cantidades a manipular, pueden ser clasificados de muchas maneras. La clasificación europea se basa, principalmente, en el origen de los residuos. Todos los residuos que son considerados peligrosos, según el CER (catálogo europeo de residuos), están marcados con el símbolo (*).

Cuadro 12: Residuos médicos y hospitalarios clasificados según el CER.

Residuos	Código de referencia en el CER
Objetos filosos y punzantes (excepto 18 01 03).	18 01 01
Restos anatómicos y órganos incluyendo bolsas de sangre (excepto 18 01 03).	18 01 02
Residuos cuya recogida y eliminación es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones	18 01 03*
Residuos cuya recogida y eliminación no es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones (por ejemplo, vendajes, vaciado de yeso, ropa blanca, ropa desechable, pañales)	18 01 04
Residuos químicos que contengan sustancias peligrosas.	18 01 06*
Residuos químicos que no están incluidos en 18 01 06	18 01 07
Medicinas citotóxicas o citostáticas	18 01 08*
Otras medicinas que las mencionadas en 18 01 08	18 01 09
Residuos de amalgamas procedentes de cuidados dentales	18 01 10*

Aparte de los „típicos“ residuos hospitalarios mencionados hay otros tipos de residuos generados en los hospitales. La intensidad de generación y las cantidades varían fuertemente dependiendo de las características de la instalación (tamaño, tipo, especialización).

Los residuos típicos de actividades relacionadas al cuidado de la salud y hospitales conforman un alrededor de un 30 % del total de residuos generados, mientras que un 60 % son iguales a los residuos domésticos. Otro 10 % puede clasificarse como residuos potencialmente peligrosos donde 3% son infecciosos y un 7 % contienen componentes peligrosos.

LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

En Europa, la gestión apropiada y la disposición segura de residuos hospitalarios esta regulada un amplio conjunto de directivas que cubren distintos sectores como las leyes generales de tratamiento de residuos y las regulaciones respecto la prevención de infecciones, protección laboral, residuos químicos y en sustancias peligrosas.

	<p>El marco legal que regula los diferentes aspectos que comprenden los residuos hospitalarios esta establecido en: la decisión de comisión <u>2001/119/EG</u> de 22 de enero de 2001, que modifica la Decisión 2000/532/CE que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos.</p>
<p>PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO</p>	<p>Para alcanzar el principal objetivo de prevención de residuos en hospitales , deben considerarse y adoptarse todas las opciones que apunten a usos múltiples o a la reutilización de equipamientos médicos y medios auxiliares, a la adquisición materiales que de baja generación de residuos y a realizarse un almacenamiento eficiente de los residuos.</p> <p>Para la recolección, almacenamiento y disposición final de estos residuos deben considerarse requisitos especiales que conciernen a la higiene y a la seguridad personal. En particular, en respuesta a el daño potencial que representan los componentes peligrosos que estos residuos pueden tener. Se harán referencias a estos requisitos en los siguientes apartados. Uno de los aspectos principales a considerar es la separación estricta de los diferentes tipos de residuos, especialmente la separación en la fuente de residuos filosos y/o punzantes, residuos de remedios citostáticos, materiales infecciosos.</p>
<p>ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS</p>	<p>18 01 01 – Objetos cortantes y punzantes (excepto los del código 18 01 03)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de receptores de un sentido irrompibles, a prueba de pinchazos para la recolección - Deben ser asegurables y a prueba de derrames. - Un reciclado que requiere abrir el contenedor no esta permitido. Incluso después de realizarse una desinfección. <p>Figura 24: Ejemplo de receptáculo de un sentido para elementos potencialmente infecciosos. (Fuente de imagen: sudok1/Fotolia.com)</p>  <p>18 01 02 – Restos anatómicos y órganos incluyendo bolsas de sangre (excepto 18 01 03).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Separación y recolección diferenciada en receptáculos durables y que tengan cierre asegurable. - La transferencia de estos residuos está prohibida - El almacenamiento debe realizarse de manera que se evite la generación de gases (Temperatura de almacenamiento <15°C para almacenamientos de 1 semana como máximo; Temperatura <8°C cuando el almacenamiento es por un período más largo) - Materiales congelados pueden almacenarse hasta por 6 meses.

18 01 03* – Residuos cuya recogida y eliminación es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones

- La recolección debe realizarse directamente en su punto de generación, los receptáculos deben ser irrompibles, resistentes a la humedad y a prueba de pérdidas (Por ej, contenedores para residuos peligrosos) y los materiales deben ser derivados a puntos centrales de recolección sin llevarse a cabo ninguna transferencia o clasificación. Los contenedores deben portar el símbolo internacional de “riesgo biológico”.
- Los contenedores de recolección deben cumplir los requisitos establecidos en TRBA 250.
- El almacenamiento debe realizarse de manera que no se generen gases en los contenedores.

Figura 25: Símbolo de „riesgo biológico“

**18 01 04 – Residuos cuya recogida y eliminación no es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones**

- La recolección debe realizarse directamente en su punto de generación, los receptáculos deben ser irrompibles, resistentes a la humedad y a prueba de pérdidas (Por ej, contenedores para residuos peligrosos) y los materiales deben ser derivados a puntos centrales de recolección sin llevarse a cabo ninguna transferencia o clasificación.

18 01 06* – Residuos químicos que contengan sustancias peligrosas

- Es preferible la recolección individual de cada componente
- Donde se generen grandes cantidades de residuos, pueden tratarse como flujos de residuos particulares y recibir tratamientos de acuerdo a sus propiedades específicas (Por ej. Ácidos).

18 01 07 – Otros residuos químicos a los mencionados en 18 01 06

- Ciertos productos químicos que se acumulan en grandes cantidades pueden ser tratados como un flujo particular de residuos y pueden realizarse procesos de gestión de acuerdo a sus propiedades específicas.
- La recolección y almacenamiento deben realizarse en contenedores que sean apropiados para realizar el transporte.
- Los lugares de almacenamiento deben tener una ventilación adecuada.

18 01 08* – Medicamentos citotóxicos y citostáticos

- Todos los residuos generados en la producción y utilización de medicinas y tratamientos para el cáncer deben ser incluidos en esta categoría.
- Los contenedores deben ser certificados, irrompibles, a prueba de pinchazos.
- Los residuos deben derivarse a un punto de recolección central sin transferirse ni clasificarse antes.

18 01 09 – Otras medicinas a las mencionadas en 18 01 08

- Debe realizarse una recolección diferenciada.
- Personas no autorizadas no debentener acceso a los contenedores para evitar el mal uso durante la recolección.

18 01 10* – Residuos de amalgamas procedentes de cuidados dentales

- Estos residuos deben recolectarse por separado y deben ser eliminados de manera regular.

<p>TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS</p>	<p>Las instalaciones para el cuidado de la salud que generan residuos con una composición y propiedades similares a los residuos domésticos deben disponer de las opciones de recolección y tratamiento conocidas para este tipo de residuos. Un buen ejemplo, son el reciclado de las botellas plásticas como botellas de infusiones, tubos de drenaje y jeringas sin utilizar.</p> <p>Residuos de hospitales contaminados, que hayan sido tratados y desinfectados en plantas de tratamientos como determina la directiva DIN 58949 y, es opcionalmente, triturados, pueden ser manipulados como residuos reciclables. Una separación así como un reciclaje de residuos no peligrosos de hospitales solo pueden realizarse si se cumplen los requisitos específicos de seguridad laboral. Los residuos químicos pueden reciclarse de manera individual, también.</p> <p>Los residuos de amalgamas pueden ser objeto de procesos de reciclado pero debe prestarse atención a su separación durante operaciones mentales.</p>
<p>ESQUEMAS DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN ADECUADOS</p>	<p>18 01 01 – Objetos cortantes y punzantes (excepto los del código 18 01 03)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estos residuos no pueden pasar por procesos de clasificación. Los procesos de reciclado que requieran la abertura de los contenedores están prohibidos - Los procesos técnicos aplicados deben asegurar que no habrán daños ni riesgos asociados al tratamiento de estos residuos - Es posible disponerlos junto con los residuos de la categoría 18 01 04, siempre y cuando, se respeten las medidas de seguridad pertinentes. - Se prefiere la incineración de los mismos. <p>18 01 02 – Restos anatómicos y órganos incluyendo bolsas de sangre (excepto 18 01 03).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estos residuos deben ser incinerados en las instalaciones aprobadas sin ninguna compactación previa o trituración, junto con los contenedores donde se recolectaron. - Contenedores llenados de sangre, o productos derivados, pueden ser vaciados usando drenajes apropiados, si luego, las aguas residuales cumplen las reglamentaciones establecidas. - La industria farmacéutica puede recuperar ciertos componentes de la sangre. <p>18 01 03* – Residuos cuya recogida y eliminación es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los residuos deben ser incinerados en instalaciones certificadas sin ninguna compresión o trituración previa y junto con los contenedores donde fueron recolectados. - La utilización de estos residuos está prohibida. - Estos residuos pueden ser objeto de desinfecciones y dispuestos junto con los residuos de la categoría 18 01 04, si las plantas de tratamiento posteriores cumplen los requisitos necesarios (estructurales y funcionales) dadas por DIN 58949 y si la efectividad de este proceso esta comprobada. (ver “Desinfectantes y procesos de desinfección comprobados y reconocidos por el instituto Robert-Koch institue / DGHM”) <p>18 01 04 – Residuos cuya recogida y eliminación no es objeto de requisitos especiales para prevenir infecciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los residuos de este tipo deben ser separadas de otros residuos ordinarios y deben ser tratados de manera adecuada. - La separación o el reciclado del material no debe ser permitido por cuestiones de higiene - Los receptáculos que contengan líquidos de humanos pueden ser vaciados en el sistema de cloacas si se toman las medidas previas de higiene y desinfección. <p>18 01 06* – Residuos químicos que contengan sustancias peligrosas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estos residuos peligrosos deben ser derivados a plantas de tratamiento certificadas. Éstas pueden ser plantas incineradoras o plantas de tratamiento fisicoquímico.

- El código específico de residuos debe estar disponible para el encargado de su disposición.

18 01 07 – Otros residuos químicos a los mencionados en 18 01 06

- Deben utilizarse formas de disposición aprobadas para la composición específica que tengan estos residuos

18 01 08* – Medicamentos citotóxicos y citostáticos

- Estos residuos deben ser procesados a temperaturas de 1000°C y, por lo tanto, deben ser procesados en plantas de incineración especiales

18 01 09 – Otras medicinas a las mencionadas en 18 01 08

- Puede realizarse una disposición en conjunto con otras categorías de residuos (como 18 01 04) mientras personas no autorizadas no tengan ingreso a los mismos.

18 01 10* – Residuos de amalgamas procedentes de cuidados dentales

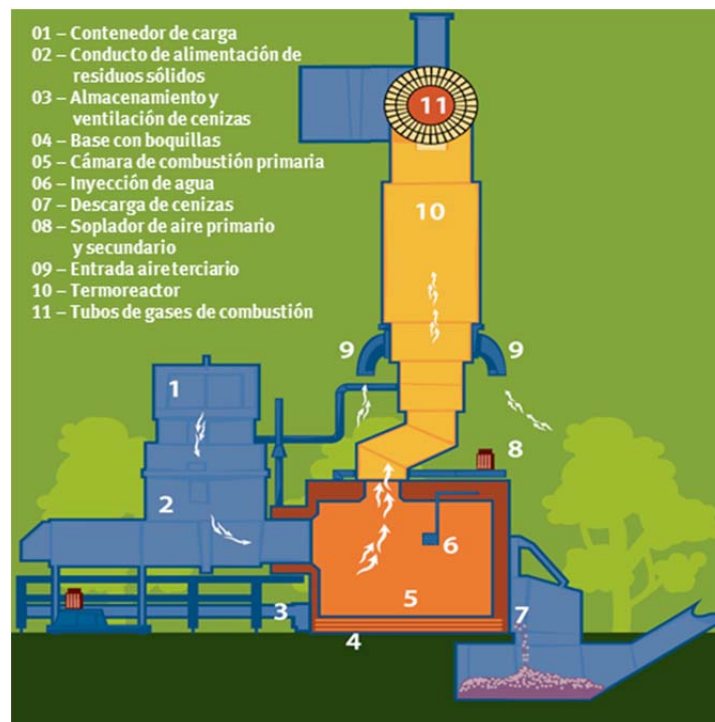
- Existe la posibilidad de reciclaje por parte del productor o distribuidor de los amalgamas, sin embargo, debe realizarse una desinfección previa.

A continuación se describe una instalación de incineración para residuos hospitalarios. En este esquema la incineración se realiza en dos pasos.

Cámara de combustión primara: En esta cámara los residuos son incinerados a temperaturas que van de los 400°C hasta los 800°C sin la presencia de oxígeno.

Reactor térmico: Los combustibles generados en la cámara de combustión primara son mezclados con aire y esta mezcla es incinerada a temperaturas de 1000°C. Por medio de este paso se aseguran que todos los componentes orgánicos son completamente quemados y oxidados. Los gases de combustión pueden ser derivados a otras cámaras de combustión, que pueden haber sido destinadas, por ejemplo, al tratamiento de residuos domésticos. Antes de liberarse a la atmósfera, estos gases de combustión deben pasar por una limpieza de 5 niveles (Ver hoja informativa “[limpieza de gases de combustión](#)”)

Figura 26: Esquema técnico de un incinerador para residuos hospitalarios(modificado según AVA Augsburg)



**EMPRESAS
PROVEEDORAS
RECONOCIDAS**

(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)

En Alemania hay muchas instalaciones dedicada al tratamiento y disposición de residuos hospitalarios. Algunos ejemplos son:

Incineradores de residuos sólidos municipales que operan instalaciones especiales para el tratamiento térmico de residuos infecciosos:

- Abfallverwertung Augsburg GmbH, Augsburg www.ava-augsburg.de
- Abfallheizkraftwerk der MVA Bielefeld-Herford GmbH, Bielefeld-Heepen www.mva-bielefeld.de

Productores alemanes de dispositivos especiales necesarios para el manejo seguro de residuos médicos son, por ejemplo:

Gefahrgutbehälter für infektiöse Stoffe:

- Firma Brosch, Winterbach www.brosch-pe.de
- Firma Infa Lentjes, www.infa-lentjes.de

Plantas de incineración para residuos hospitalarios:

- IFZW, Zwickau www.ifzw.de
- Michaelis, Veitshöchheim www.michaelis-umwelttechnik.de
- Ruppmann Verbrennungsanlagen Stuttgart www.ruppmann.de

Los principios, enfoques y técnicas para la gestión de residuos médicos u hospitalarios estan contenidos en las siguientes publicaciones

- Organización mundial de la salud (OMS)
 - “[Safe management of wastes from health-care activities](#)” 2nd edition (2014)
 - “[WHO core principles for achieving safe and sustainable management of health-care waste](#)” (2007)
- Programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA)
 - “[Compendium of Technologies for Treatment/Destruction of Healthcare Waste](#)“ (2012)

RESIDUOS DE PINTURAS Y BARNICES

RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS.

- Debido a ciertas sustancias peligrosas es necesario considerar requisitos especiales a la hora de recolectar y gestionar residuos de pinturas y/o barnices.

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

La composición de pinturas y barnices puede ser muy diferentes y dependen especialmente de su área de aplicación y de su producción. En general se pueden identificar los siguientes componentes:

- Ligante
- Pigmentos (pueden ser a base de plomo, cadmio, cromo, níquel, cromato de zinc, etc)
- Disolventes (aguarras, gasolina, alcohol)
- Cargas
- Aditivos como preservantes

El porcentaje de disolventes puede ir desde un 80% para barnices de laca de nitrocelulosa o 10% en pinturas de emulsión. Las pinturas para interiores (como pintura a la cal) no suelen llevar disolventes.

LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

No hay una legislación específica en Europa para este tipo de residuos como una directiva, sin embargo, las estipulaciones echas en la legislación europea para residuos peligrosos deben aplicarse en aquellos residuos que contengan sustancias incluidas en esta categoría de residuos. Además, debe aplicarse la legislación europea para residuos en general, que tiene como prioridad la prevención en la generación de residuos y la protección del medio ambiente y la salud humana.

PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO

Como para todos los residuos, se aplica también para las pinturas y barnices usados, los principios de prevención en la generación. Esto se puede concretar a través de una buena planificación de las áreas de aplicación y las cantidades utilizadas, políticas de compras inteligentes y conscientes del medio ambiente y almacenamiento apropiado. También, existen alternativas de solventes y soluciones libres de metales pesados y más considerados con el medio ambiente.

Las pinturas y barnices que contienen solventes deben ser considerados como sustancias peligrosas para el medio ambiente y una vez que se convierten en residuos, deben ser tratados como residuos peligrosos.

Los residuos de pinturas utilizadas en procesos industriales (Por ej. exceso de aplicación) pueden ser reutilizados ya que se conoce su composición y se encuentran en estado fresco.

Para evitar la contaminación de otros flujos de residuos es especialmente necesario realizar una recolección diferenciada de los residuos de pinturas y barnices.

ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS

Grandes cantidades de residuos de pinturas y barnices (y lodos de ellas) deben ser recolectados por la misma industria productora de pinturas por medio de sistemas técnicos y logísticos apropiados y devueltos a procesos donde puedan ser utilizados o reciclados. Si eso no es posible, los materiales deben ser recolectados en contenedores especiales y derivados para su utilización en proceso térmicos.

Para las pequeñas cantidades de residuos de pinturas y barnices generadas, por ejemplo, en los hogares deben disponerse de esquemas con puntos centrales de recogida, que consisten en contenedores especiales ubicados en puntos estratégicos donde los generadores del residuos pueden depositarlos. Otra alternativa, es la recolección a intervalos regulares puerta a puerta con un aviso previo.

	<p>Pero este tipo de recolección no permite una reutilización de los residuos recolectados. Esto se debe principalmente a la diversidad (y por lo tanto diferente composición) de los productos. Una recolección diferenciada para cada tipo de composición no es viable económicamente. Es importante que estos tipos de residuos sean almacenados en contenedores a prueba de pérdidas, irrompibles y que puedan ser cerrados para su recolección. Contenedores de plásticos resistentes a los solventes o metálicos son los más adecuados</p>
<p>ESQUEMAS DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN ADECUADOS</p>	<p>En general, los residuos de pinturas y lacas son utilizados en procesos térmicos (incineración). Estos residuos son tratados como residuos peligrosos e incinerados a 1200–1400°C (Ver hoja informativa “<u>Combustión de lecho fluidizado</u>”). Debido a su alto poder calorífico, estos residuos también pueden utilizarse en pirólisis o en procesos de co-incineración (Ver hoja informativa: “<u>Co-incineración industrial</u>”)</p> <p>Con algún pretratamiento y/o encapsulados, estos residuos también pueden ser derivados a vertederos de residuos peligrosos (Ver hoja informativa “<u>Vertederos de residuos peligrosos</u>”) para su disposición final</p>
<p>TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS</p>	<p>Las pinturas y barnices recolectados pueden ser reutilizados cuando se encuentran en grandes cantidades y en estado puro, sin elementos que los contaminen. Esto solo se da en las fábricas de procesamiento de pintura. Para este fin, se necesitan cabinas especiales y unidades de precipitación junto con equipos de escape de gases con sistemas de limpieza de los mismos. De los lodos obtenidos se puede recuperar las pinturas y los barnices. Con procesos especiales de absorción y adsorción pueden recuperarse distintos disolventes de los gases emitidos.</p> <p>Existe la posibilidad de reciclar algunas tintas de impresión. Pero ésto es rentable a partir de grandes cantidades (100 t o más). El producto obtenido es de baja calidad y puede usarse en limitadas situaciones.</p>
<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p>Compañías reconocidas en el área de reciclado de pinturas y barnices en Alemania son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chemische Werke Kluthe GmbH, Heidelberg www.kluthe.de - Hunsrück-Sondertransport-GmbH, Hoppstädten-Weiersbach www.hstg.de - Sonderabfallagentur Baden-Württemberg GmbH, Fellbach www.saa.de - AVG Abfall-Verwertungs-Gesellschaft mbH, Hamburg www.avg-hamburg.de

ALFOMBRAS Y MOQUETAS FUERA DE USO

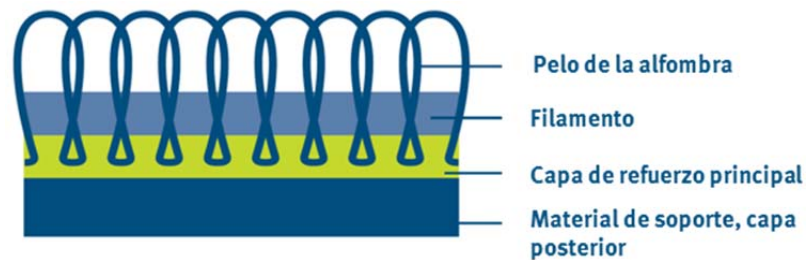
RELEVANCIA DE ESTE TIPO DE RESIDUOS

- Las alfombras y textiles parecidos son residuos que ocupan gran espacio. Por eso, es necesaria una recolección diferenciada para prevenir una sobrecarga de el sistema de recolección ordinario y efectos negativos en las plantas de tratamiento (Por ej. bloqueos o combustión lenta)

COMPOSICIÓN / COMPONENTES PRINCIPALES

Las alfombras y tapices pueden ser echos fibras sintéticas o naturales. Pueden usarse fibras sintéticas o químicas como poliamida (PA), Polipropileno (PP), polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET) o poliacrilonitrilo (PAN) pero también fibras de hierbas naturales como algodón, sisal, coco o pelos de animales como lana o seda, dependiendo de el método de producción y del estilo. El nylon es la fibra sintética más popular en la producción de alfombras y es a base de petróleo. Para la base de las alfombras se suele utilizar estireno-butadieno-caucho (SBR) como capa primaria y en forma de red, espuma de estireno – butadieno-estireno (SBS), polipropileno atáctico (aPP) o acrilato de caucho (ACM) para la capa posterior. Los suelos de alfombra suelen hacerse de polialfaelinas amorfas (APO), betún, etilvinilacetato (EVA) o cloruro de polivinilo (PVC). Las alfombras anudadas hechas de fibras naturales suelen hacerse de yute.

Figura 27: Esquema de construcción de una alfombra



LEGISLACIÓN EUROPEA Y DOCUMENTOS DE REFERENCIA

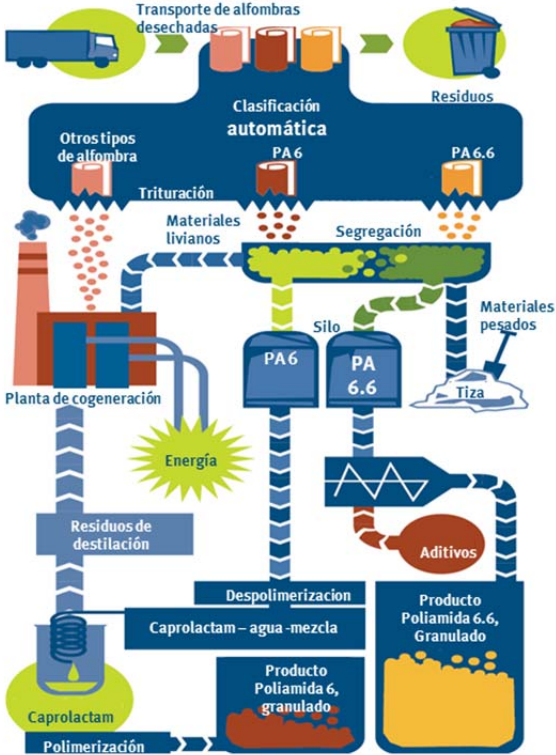
No hay en Europa regulaciones específicas para este tipo de residuos; sin embargo, hay estipulaciones echas en la Directiva [1999/31/CE](#) del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos que se aplican a este caso, excluyendo a este tipo de residuos de la disposición en vertederos y exigiendo otras formas de tratamiento y utilización

PRINCIPIOS Y PRINCIPALES REQUERIMIENTOS PARA EL MANEJO DE ESTE TIPO DE RESIDUO

Como son residuos de gran tamaño, las alfombras fuera de uso deben ser recolectadas junto con los residuos voluminosos como partes de un sistema de recolección diferenciado del ordinario. Después, deben ser objeto de reciclado y/o de utilización energética ya que poseen, en general, un alto poder calorífico. Por el momento, la utilización para la obtención de energía es la prioridad.

ESTRATEGIAS DE RECOLECCIÓN RECOMENDADAS

Para asegurar altas tasas de recuperación y una buena cantidad de alfombras usadas en procesos térmicos, se recomienda establecer extensos esquemas de devolución (Por ejemplo, por medio de responsabilidad obligatoria del productor) como ha echo Alemania. En este sistema, las alfombras usadas pueden ser depositadas en puntos de recolección , o las empresas proveedoras pueden proveer a los comercios y distribuidores de contenedores especiales o [Big Bags](#) que luego son recogidas por las mismas una vez que están llenos. Donde no existen sistemas del estilo, las cubiertas de piso usadas se disponen en los sistemas de recolección de residuos voluminosos o dispuestas junto con los residuos de construcción y demolición. El material puede ser recuperado en [plantas de separación](#) como, también, se realiza en Alemania.

<p>ESQUEMAS DE TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN ADECUADOS</p>	<p>Hasta ahora los textiles de este estilo son, principalmente, tratados con otros tipos de residuos en plantas incineradoras para la recuperación de energía. Sin embargo, cortados en pequeños pedazos pueden ser utilizados en hornos de cemento o la generación de energía en la industria (Ver hoja informativa “Co-incineración industrial”). Otra alternativa es el reciclado de alfombras echas de poliamida, polipropileno o lana.</p>
<p>TECNOLOGÍAS DE RECICLADO ADECUADAS</p>	<p>Para el reciclado de alfombras usadas echas de PA se desarrolló, en Alemania, un proceso técnico especial. Hoy en día, plantas similares se pueden encontrar en EE. UU. Estas plantas reciben cantidades significativas de alfombras fuera de uso por parte de “Carpet Recycling Europe GmbH” después de su recolección por Europa. Alfombras usadas o sus componentes de PA pueden ser material o químicamente reciclados y procesados en nuevos polímeros. El sistema adoptado en Alemania sigue el siguiente esquema:</p> <p>Figura 28: Esquema del proceso de reciclado de poliamidas</p>  <p>Luego de la recepción, las alfombras sin clasificar ni tratar son separadas automáticamente por medio de un análisis espectroscópico en PA 6, PA 6.6 y otros. Las alfombras que no contienen poliamida serán trituradas y utilizadas en procesos térmicos. Al mismo tiempo, las alfombras con poliamidas serán cortadas y derivadas a estaciones centrífugas multinivel donde se desintegran en fibras de poliamida, tiza y otras sustancias fibrosas. La tiza es utilizada como materia prima, las otras sustancias fibrosas, en proceso térmicos. Las fibras PA 6 son preparadas para posterior utilización y son derivadas a un tratamiento químico para su refinación. Primero son despolimerizadas químicamente obteniendo caprolactam. Lo que sigue es una limpieza de varias etapas y, finalmente, se realiza la polimerización para obtener poliamida 6 virgen que puede ser utilizada como la poliamida original para la fabricación de alfombras nuevas.</p> <p>Debido a las limitaciones tecnológicas y a razones económicas los procesos para PA 6.6 son diferentes. Luego del tratamiento mecánico, se aplica un tratamiento físico. Este consiste en los gránulos son derretidos con la ayuda de una extrusora, limpiados y mezclados con aditivos en un mezclador para obtener un poliamida 6.6 comercializable. A diferencia del poliamida sintetizado, éste tiene una utilidad más limitada pero su producción es más económica.</p>

	<p><u>Alfombras de lana</u></p> <p>Una tecnología ha sido desarrollada para obtener un material aislante biológico de alfombras echas de lana. Con este proceso el material aislante puede ser echo 100% de alfombras recicladas. Primero las fibras de lana son separadas de las alfombras. Las fibras de lana y propileno son mezcladas en una relación deseada (Por ej. 80/20). Esta mezcla se utiliza para realizar una estera de aislamiento no solidificada. Para endurecer esta mezcla se aplica un proceso térmico donde las fibras de polipropileno son mezcladas junto con las fibras de lana. A este material se le pueden añadir sales bóricas, que funcionan con retardantes de llama para una mejor protección.</p> <p>Al utilizar polipropileno, los insecticidas y los elementos para mejorar su resistencia química no son necesarios. Estos materiales de aislamiento son más económicos que los producidos con lana virgen.</p> <p><u>Alfombras de polipropileno</u></p> <p>Diferentes procesos para el reciclado de alfombras de polipropileno se han desarrollado y probados en Alemania, pero, ninguno ha sido aplicado a gran escala.</p> <p><u>Otras alfombras</u></p> <p>Las fibras mixtas y materiales de alfombras, para los cuales no existe todavía un uso comercial, son cada vez más utilizados como sustituto de combustibles. Pueden utilizarse en hornos de cemento o cal, donde no solo se utilizan como sustituto del combustible sino que también se aprovecha la tiza que contienen (ver hoja informativa "<u>Co-incineración industrial</u>"). Es por eso que el proceso se considera como un proceso de recuperación de materia y energía</p>
<p>EMPRESAS PROVEEDORAS RECONOCIDAS</p> <p><i>(A considerar: La siguiente lista no presenta todas las compañías activas en el mercado para cada campo)</i></p>	<p>Plantas de referencia para el tratamiento de alfombras usadas en Alemania son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Recotex GmbH, Würzburg www.recotex.de - Pallmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG www.pallmann.eu <p>Información sobre las fases de reciclado de alfombras, desde su recolección hasta la producción de nuevas alfombras son dadas por la el proyecto europeo de investigación llamado RECAM (Recycling of carpet material)</p> <p>www.cordis.europa.eu/result/rcn/80438_en.html</p> <p>Más información sobre el sector de reciclado de alfombras, links a tecnologías y proveedores de servicios alemanes puede obtenerse en :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fachverband Textilrecycling www.bvse.de/fachverband-textilrecycling

FANGOS DE DEPURADORAS MUNICIPALES

IMPORTANCIA DEL FLUJO DE RESIDUOS

- Los fangos producidos en las depuradoras municipales de aguas residuales contienen sustancias aptas para la fertilización y la mejora de los suelos, además constituyen un recurso aprovechable por su contenido energético y de sustancias como el fósforo. Ahora bien, otros componentes integrantes del fango pueden ser tóxicos para el suelo y las aguas subterráneas o pueden desarrollar un efecto patógeno para los organismos. Por esa razón, se requieren medidas especiales de protección y prevención al utilizar los fangos de depuración. Algunas opciones de tratamiento, que también se aplican a los residuos urbanos, o procedimientos combinados con residuos urbanos pueden facilitar la consecución de los dos planteamientos anteriores.
- El flujo de residuos está sujeto a regulaciones especiales en el ámbito de la Unión Europea.

COMPOSICIÓN Y COMPONENTES INTEGRANTES ESENCIALES

Diferenciación básica de los fangos de depuración generados en el tratamiento de aguas residuales municipales:

- *Fango primario* – porcentaje de fangos generados en la etapa de limpieza mecánica por procesos físicos, como decantación. Estos representan la mayor parte del volumen total de fango en las depuradoras de aguas residuales. El porcentaje de sólidos se sitúa en unos 2,5–3 %, el resto son uniones acuosas.
- *Fango activo de retorno* – es la parte del fango producida en el proceso de tratamiento biológico. Básicamente está formado por los denominados fangos secundarios o excedentes. Representa la suspensión de biomasa extraída por sedimentación en las fases de depuración intermedia y final, que es conducido de nuevo a los tanques de aireación tras su extracción de las fases citadas, y allí es metabolizado, si procede, o descompuesto por completo.
- *Fangos secundarios y excedentes* – es el fango remanente, producido en la fase de tratamiento biológico de las aguas residuales, que no es conducido de nuevo al proceso de depuración biológica sino que queda como excedente. Estos fangos ya solo contienen un 0,5–1 % de sólidos, por eso para su posterior preparación se lleva a cabo, por regla general, un aumento de la concentración o mezcla con fango primario.

Los fangos primarios y excedentes forman, por consiguiente, el volumen de los fangos de depuración que será sometido a un tratamiento posterior para su aprovechamiento o eliminación y, por lo tanto, son el objeto que nos ocupa. El a veces denominado también *fango terciario* es la cantidad de fango cuantitativa y cualitativa que queda de las depuradoras de aguas residuales tras una reducción del fósforo (llevada a cabo, por ejemplo, por precipitación con sales de hierro o aluminio o con cal) y que requiere una gestión eficiente y segura. Hay que mencionar, que ese fango contiene sustancias como metales pesados, agentes patógenos y sustancias activas a nivel endocrino que requieren una especial atención debido a su nocividad para el medio ambiente. Al mismo tiempo, es importante evitar la pérdida de sus componentes útiles, también presentes, como compuestos de nitrógeno, fosfato o potasio que pueden ser importantes nutrientes vegetales y, al mismo tiempo, aprovechar su valor energético.

Todo esto permite entender que los fangos de depuración no solo deben ser considerados como residuos o una mezcla compleja, sino como un recurso con múltiples utilidades. La inhomogeneidad y el contenido de sustancias, en parte muy divergente, son propiedades características del fango de depuración, lo que hace muy difícil ofrecer datos sobre una composición estándar o media y estos deben ser tratados con máxima precaución (ver Tabla 13a+b+c).

Tabla 13a: Valores orientativos sobre los componentes integrantes de los fangos de depuración de aguas residuales municipales

Propiedades básicas	Unidad	Rango de valores aproximado (referencia tomada de diferentes fuentes)
Valor de pH		7,7
Pérdida por ignición	%	45-80
Valor calorífico neto	MJ/kg de sólidos secos (SS)	10-12

Tabla 13b: Valores orientativos sobre los componentes integrantes de los fangos de depuración de aguas residuales municipales

Composición del fango de depuración con especial valor nutritivo	Rango de valores aproximado en g/kg de masa seca (referencia tomada de diferentes fuentes)
Fósforo (P)	2-55
Magnesio (Mg)	9-9,5
Calcio (Ca)	70
Potasio (K)	2-3
Cobalto (Co)	6-7
Molibdeno (Mo)	3,5-4

La mayor parte de las sustancias orgánicas, presentes en los fangos de depuración, es de origen bacteriano y, por lo tanto, no representan riesgo químico alguno. Están formadas por componentes de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. No obstante, existen también compuestos orgánicos críticos que son los más peligrosos, como las dibenzodioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/F) y los compuestos organohalogenados u orgánicos de estaño. En general, también nos encontramos en los fangos de depuración agentes tensioactivos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH). En su mayoría, los componentes orgánicos críticos citados proceden originariamente de los productos de limpieza y del hogar vertidos en las aguas residuales. Otras fuentes son artículos farmacéuticos y productos de protección de la madera o que contienen aceite. Los compuestos de metales pesados en los fangos de depuración municipales son atribuibles, por su parte, al vertido y al lavado de calles y superficies de estructuras antropógenas.

Tabla 13c: Valores orientativos sobre los componentes integrantes de los fangos de depuración de aguas residuales municipales

Sustancias en los fangos	En general en los siguientes rangos de concentración por kg de masa seca de fango (referencias tomadas de diferentes fuentes)						
	> 300 mg	> 100 – 300 mg	> 50 – 100 mg	5 – 50 mg	1 – < 5 mg	0.1 – < 1 mg	< 0.1 mg
Antimonio (Sb)				x			
Arsénico (As)				x			
Plomo (Pb)			x				
Cadmio (Cd)					x		
Cromo (Cr)			x				
Cobre (Cu)	x						
Manganeso (Mn)	x						
Níquel (Ni)				x			
Selenio (Se)					x		
Talio (Th)						x	
Vanadio (V)				x			
Mercurio					x		
Cinc (Zn)		x					

Sustancias en los fangos	En general en los siguientes rangos de concentración por kg de masa seca de fango (referencias tomadas de diferentes fuentes)						
	> 300 mg	> 100 – 300 mg	> 50 – 100 mg	5 – 50 mg	1 – < 5 mg	0.1 – < 1 mg	< 0.1 mg
Estaño (Sn)			x				
AOX	x						
PCDD/F							x
PAH						x	
DEHP				x			
Difenil Eteres Bromados							x
Bifenilos policlorados (PCB)							x
Sulfonatos de Alquilbencieno Lineales (LAS)					x		

Los patógenos y gérmenes debidos a la presencia de bacterias, virus, parásitos y huevos de helminto son otros componentes integrantes de los fangos de depuración. Su peligrosidad radica en el efecto nocivo para los organismos humanos y animales que puede provocar la adsorción a través de la piel o la cadena alimenticia. Por lo tanto, el objetivo último del tratamiento y gestión de los fangos de depuración es reducir al mínimo los componentes potencialmente nocivos y sus efectos y, a su vez, extraer el mayor aprovechamiento posible de ese recurso.

ASPECTOS JURÍDICOS O DOCUMENTOS DE REFERENCIA CON VIGENCIA PARA LA UE

Para los Estados miembros de la Unión Europea, el marco legal para el uso de fangos de depuración, procedentes del tratamiento de las aguas residuales urbanas, en suelos de uso agrícola u otras superficies, ha sido fijado por la [Directiva 86/278/CEE del Consejo](#) relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos en la utilización de los lodos de depuradora en la agricultura.

El citado reglamento se encuentra desde hace algún tiempo en un proceso de intensos debates y deliberaciones modificadas del ordenamiento jurídico. El objetivo de tales debates es conceder la atención adecuada a los nuevos conocimientos, en particular sobre la peligrosidad y sobre el alcance de los efectos de determinados componentes, así como al progreso tecnológico ahora disponible y las mejores posibilidades de análisis. Algunos países ya han empezado a adaptar su normativa nacional y sistemas para la eliminación de los fangos de depuración a esa nueva base de conocimiento, entre ellos se encuentra Alemania. Algunas de las decisiones tomadas son, por ejemplo, el abandono progresivo o incluso la prohibición total de utilizar los fangos de depuración en la agricultura, o también la creciente obligación de [recuperar el fósforo](#) tanto de las aguas residuales como de los fangos de las depuradoras o de los productos de su tratamiento, como son las cenizas de incineración.

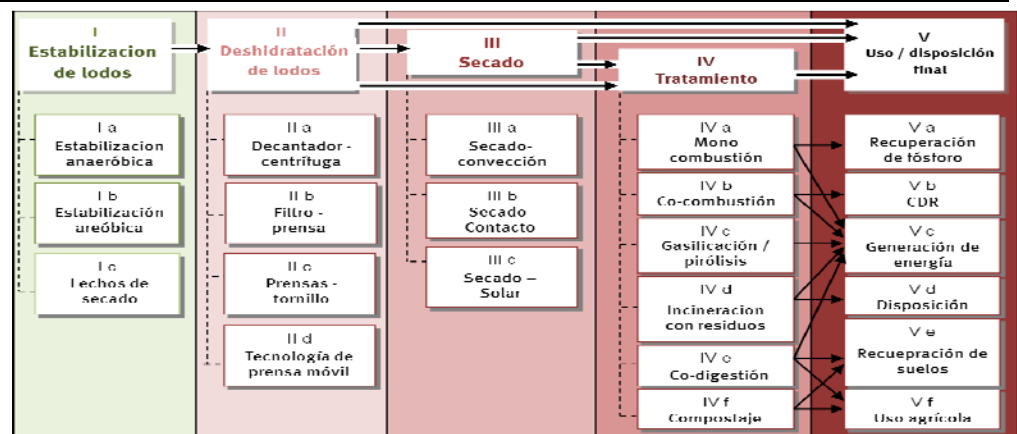
REQUISITOS BÁSICOS O FUNDAMENTOS PARA EL TRATAMIENTO DEL FLUJO DE RESIDUOS

El tratamiento de los fangos de depuración pretende asegurar la reducción de los componentes potencialmente peligrosos a niveles no críticos o su eliminación de forma segura, pero buscando el máximo aprovechamiento de los efectos útiles de este recurso. Los pasos esenciales, requeridos para lograr un eficaz tratamiento y su posterior aprovechamiento o eliminación, son un adecuado espesamiento, estabilización o deshidratación de los fangos en las depuradoras. La necesidad de un espesamiento o una deshidratación dependerá de las fases de tratamiento siguientes. Los mejores resultados del tratamiento y aprovechamiento se obtienen sobre todo si se lleva a cabo la pertinente preparación previa correspondiente del fango.

Tanto el aprovechamiento energético y de material, como el vertido del fango requieren diferentes procesos de tratamiento previo y posterior. Pero, en primer lugar, se puede y se debe reducir la producción de fango excedente en las plantas depuradoras mediante una optimización de los procesos y la adopción de otras medidas adicionales, con el fin de reducir el gasto y el coste de tratamiento.

Para cada fase del tratamiento existen, en general, varios procedimientos y tecnologías que, en función de los objetivos a conseguir, pueden sustituirse parcialmente o ser utilizadas en combinación. La Imagen 29 ofrece una sinopsis básica al respecto.

Imagen 29: Sinopsis de las técnicas o combinaciones de los tratamientos principales para fangos de depuración



En todas las fases del tratamiento es necesario dirigir las operaciones y las medidas de protección y de monitoreo, incluidas las mediciones analíticas de control, hacia una reducción o anulación de los riesgos que conllevan los componentes peligrosos y los productos resultantes del tratamiento. Eso implica establecer y registrar parámetros de control críticos y valores de referencia para cada proceso o cada producto, que sean implementados en las operaciones y aprovechados para su optimización. Un resumen de los parámetros relevantes específicos de cada proceso se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14: Importancia de los diferentes parámetros para los procesos de tratamiento y eliminación de fangos

Métodos de tratamiento y eliminación de fangos													
Parámetro	Sedimentación	Estabilización				Espesamiento	Deshidratación	Secado	Transporte	Incineración	Compostaje	Uso agrícola	Vertedero
		Aerobio	Anaerobio	Químico	Térmico								
Temperatura		x	x				x	x		x	x		
Densidad						x	x	x					
Viscosidad/propiedades de flujo							x	x	x	x		x	x
Propiedades de sedimentación y espesamiento	x					x	x						
Concentración de sólidos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pérdida por ignición		x	x	x	x				x	x	x	x	x
Fermentabilidad			x										
Valor de pH		x	x	x			x				x	x	
Ácidos volátiles			x										
Contenido de grasas o aceites		x	x									x	
Concentración de metales pesados			x							x	x	x	x
Concentración de nutrientes		x	x								x	x	
Tamaño de partículas	x					x	x						
Presión capilar (CST)						x	x						
Resistencia específica						x	x						
Compresibilidad							x						
Filtrabilidad y centrifugabilidad							x						
Valor calorífico										x			
Lixiviabilidad													x
Estado microbiano		x	x								x	x	

Fuente: ISWA/EEA, 1997

<p>FORMAS DE RECOGIDA Y ESTRATEGIAS APROPIADAS O RECOMENDADAS</p>	<p>Los fangos se generan en los procesos mecánicos y biológicos de depuración de las aguas residuales, por lo tanto, en primera línea en las plantas de depuración de aguas residuales, es decir en su mayor parte en las depuradoras municipales. No son necesarias una recogida y un almacenamiento especiales en tanto se realice la mayor parte del tratamiento de los fangos directamente en el lugar de su producción, es decir allí donde se encuentre la depuradora.</p> <p>Sin embargo, en determinadas circunstancias y zonas se producen determinadas cantidades de lodos de aguas residuales y fecales también en fosas sépticas, tanques o pequeñas depuradoras. Cantidades que tienen que ser recogidas y transportadas a instalaciones adecuadas para su posterior tratamiento. Para realizar esta tarea se emplean vehículos cisterna especiales capaces de succionar y transportar sin pérdidas los lodos, con frecuencia muy fluidos, con bombas y trompas de succión incorporadas.</p>
<p>FORMAS DE TRATAMIENTO Y ESTRATEGIAS APROPIADAS O RECOMENDADAS</p>	<p>Los métodos de tratamiento de fangos comprenden procesos de espesamiento de lodos, estabilización biológica, deshidratación, secado y transformación de sustancias, al final de los cuales se obtiene el saneamiento, la inertización o la mineralización de los componentes orgánicos. Hay que resaltar que cada fase del proceso y cada procedimiento conllevan ventajas y desventajas específicas (que pueden extenderse también a las opciones de postratamiento o aprovechamiento subsiguientes) y, por esa razón, no se puede considerar ningún tratamiento como idóneo o como solución preferente. Al decidir el tratamiento y elegir las soluciones de eliminación y las técnicas a emplear es fundamental contemplar también las respectivas condiciones y necesidades locales junto a los aspectos medioambientales y económicos.</p> <p><u>Espesamiento del fango</u></p> <p>La finalidad del espesamiento es reducir el volumen de fango mediante una primera extracción de líquido. El espesamiento puede tener lugar, como en el caso de los tanques de sedimentación, por depósito de las partículas no disueltas en el fondo, donde se concentra el material sólido. Otros métodos de espesamiento consisten en una sencilla compactación mecánica del fango (por ejemplo, mediante el paso por filtros o canales helicoidales) donde se separa el líquido del flujo general de material.</p> <p>La reducción del volumen de fango es importante sobre todo para aprovechar eficazmente la capacidad de almacenamiento y transporte, así como para reducir los volúmenes a tratar. Tras el espesamiento solo se puede prescindir de otros tratamientos posteriores del fango crudo en caso de conducir estos directamente a una planta preparada para la incineración de fango fresco.</p> <p><u>I. Estabilización</u></p> <p>La estabilización de los fangos puede incluir métodos químicos, biológicos y térmicos. Los fangos estabilizados, con un menor contenido de agentes nocivos, ofrece una seguridad claramente superior, también en cuanto a las opciones de eliminación posibles y la predisponibilidad para su aceptación. Objetivos principales de la estabilización:</p> <ul style="list-style-type: none"> - reducir el potencial de reacción del fango; - reducir el volumen total de fangos y descomponer sólidos; - mejorar las propiedades de deshidratabilidad; - posible obtención y aprovechamiento de biogás, si bien con un menor valor calorífico del fango estabilizado; - crear una posibilidad de almacenamiento intermedio y una zona de reserva para homogeneizar el proceso de tratamiento <p>Las diferentes opciones de utilización de los fangos de depuración requieren y exigen diferentes niveles de estabilización. En principio se presupone o recomienda que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - no es estrictamente necesaria una estabilización del fango que vaya a ser sometido a procedimientos térmicos o procesos de transformación biológicos (a no ser que existan exigencias al respecto por razones de transporte, seguridad de almacenamiento o prevención de olores).

- el fango se encuentre completamente estabilizado para su uso agrícola (independientemente del contenido de sólidos en el momento de su utilización).
- el fango se encuentre completamente estabilizado para su uso en la recuperación paisajística (con un bajo contenido de sólidos en el momento de su utilización).
- se encuentre al menos en un estado de semiestabilización para utilizar el fango deshidratado en recuperación de terrenos o uso paisajístico.
- si es necesario y admisible el depósito de los fangos de depuración en vertedero debe llevarse a cabo como mínimo una deshidratación, o incluso el secado, de los fangos, así como una estabilización parcial o total (según la técnica disponible).

Con los aditivos químicos, en particular con cal, se consigue una estabilización relativamente rápida, pero no forzosamente completa y permanente y, por lo tanto, no tiene la misma eficacia que los métodos biológicos. Entre los procedimientos de estabilización biológicos hay que distinguir especialmente entre los que emplean oxígeno (aerobios) y aquellos que tienen lugar en ausencia casi total de oxígeno (anaerobios). La hidrólisis química o térmica, como medida previa o integrada en los procesos anaerobios, ayuda a conseguir una mayor producción de biogás y un mejor resultado en la estabilización. Por el contrario, los procedimientos anaerobios son contraproducentes para la posterior incineración del fango, pues provocan una reducción del valor calorífico.

Tabla 15: Diferencias esenciales entre las propiedades de los procedimientos biológicos de estabilización de fango

	Procedimientos anaerobios	Procedimientos aerobios
Propiedades esenciales de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> • La carga orgánica, y con ella el volumen de fango, se reduce por descomposición biológica en ausencia de oxígeno (digestión anaerobia). • Este método de estabilización se ejecuta normalmente en digestores (o fermentadores) en un rango de temperatura mesófilo (30-38 °C) o termófilo (49-57 °C) y requiere un tiempo de 20 a 30 días. • Casi como un producto residual se produce gas metano (o biogás) que puede ser aprovechado energéticamente. • El acoplamiento de la energía y el calor, generados por la combustión del biogás, a un sistema de secado de fangos de depuración constituye una solución muy práctica de máxima eficacia y rentabilidad. • Otro efecto adicional de la digestión es la mejor deshidratación del fango residual. • La inversión específica para los clásicos digestores ovales asciende al orden de 600 a 1000 eur/m³ de volumen digerido; el coste adicional de personal por planta se sitúa en unas 8-10 h/mes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los microorganismos presentes en el fango son estimulados mediante la inyección de oxígeno y convierten los componentes orgánicos en productos de tipo humus y minerales. • Los tanques de activación, operados y equipados con diferentes técnicas de aireación (como soplantes centrífugos, cepillos rotativos, ruedas de aletas u otros grupos de aireación como aireadores de membrana) proporcionan la estimulación y actividad microbiológica óptima. • Otras alternativas a este tipo de proceso de estabilización forzada son el compostaje de los fangos (ver hoja de datos "Compostaie") o la humificación de los fangos (utilizando lechos de cañas especialmente diseñados). • El volumen de inversión aproximado para una planta de humificación de fango se sitúa, en Alemania, en 60 eur/m² de superficie total de tratamiento (incluidos todos los dispositivos y estructuras accesorias).

La aplicación de una cascada de nitrificación puede favorecer adicionalmente la estabilización y la reducción de concentraciones no deseadas, un resultado especialmente favorable para un posterior procedimiento aerobio. Ya en la fase de estabilización debe tenerse en cuenta también la aplicación de opciones para la recuperación de fósforo (ver hoja de datos "[Recuperación de fósforo](#)").

II. Deshidratación

La reducción de la parte líquida del fango es esencial para aumentar la eficacia del tratamiento y sobre todo para rentabilizar más el transporte de las masas fangosas. Tras el espesamiento, la deshidratación es el paso técnico que reduce claramente la carga de agua de los fangos. Este proceso incrementa la cantidad de sólidos en el fango a tratar posteriormente, quedando tras la filtración lo que se denomina torta de filtración. Existen diferentes métodos para separar el líquido, por ejemplo, el filtro-prensa de tejido o el uso de centrífugas de decantación, prensas de disco o helicoidales. Para utilizar el fango en plantas térmicas es muy importante, y relevante para el coste, sobre todo valor calorífico tras la deshidratación.

Con los métodos de deshidratación mecánicos, normalmente se obtienen concentraciones de sólidos en rangos entre 20 y 45 %, medidos como sólidos secos (SS). El resultado obtenido con la deshidratación mecánica depende principalmente de la técnica utilizada, del tipo y de la composición de los fangos y del posible acondicionamiento del fango llevado a cabo para tal efecto. Resultados de deshidratación superiores a un 10 % SS requieren, por regla general, un acondicionamiento químico previo con floculantes y aditivos. Estos provocan una aglomeración de los componentes coloidales o en suspensión más finos del agua fangosa formando macroflóculos de mayor tamaño que pueden ser separados de la parte acuosa.

Se distingue entre floculantes y acondicionantes inorgánicos, entre los que se encuentran sales de hierro y aluminio, cal hidratada y también carbón. Frente a estos se encuentran los floculantes orgánicos, sobre todo en forma de polímeros orgánicos. Las sales de hierro y aluminio se emplean con frecuencia también en los procesos de reducción de fosfatos. La reducción de fosfatos tras la deshidratación permite aumentar los sólidos secos en el fango en otro 5% o más. Aunque el uso de esas sales aumenta a su vez el porcentaje de sustancias no combustibles (en especial la ceniza) en el fango deshidratado. Por lo tanto, se debe dar preferencia al acondicionamiento y precipitación para uso térmico de los fangos.

La energía requerida para aumentar los sólidos secos del fango del 5 % al 35 % con un grupo de deshidratación se sitúa de media en un rango de 3–5 kWh_{eléctr.} por kg H₂O.

III. Secado

Existen varias razones por las que puede ser conveniente el secado adicional del fango de depuración tras la deshidratación. Algunos argumentos a favor de aplicar esta opción son:

- reduce una vez más la cantidad de fangos a someter al tratamiento posterior o a eliminar;
- incrementa el valor calorífico del fango;
- produce un efecto adicional de estabilización e higienización;
- simplifica y hace más eficientes el almacenamiento y transporte;
- minimiza los problemas que genera el tratamiento de sustancias semilíquidas o pastosas (p. ej. desintegración, evacuación incontrolada de sustancias tóxicas), al tiempo que aumenta la manejabilidad en los procesos siguientes (p. ej. mayor facilidad de dosificación).

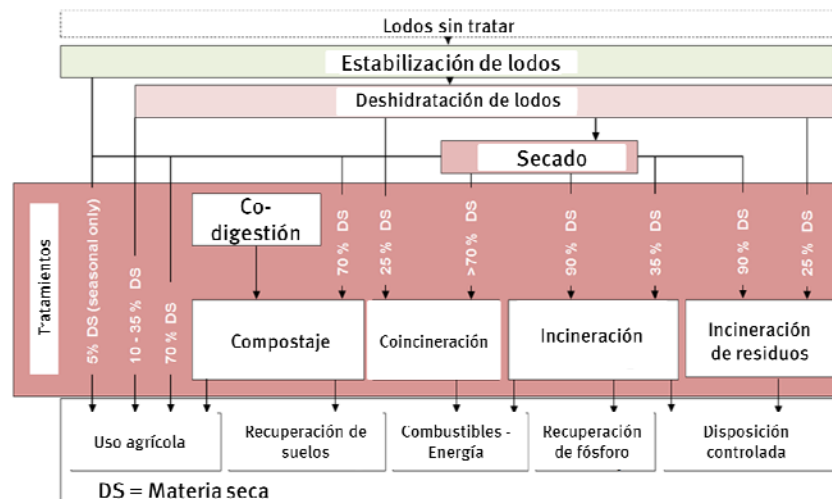
Los inconvenientes más destacados del secado son el elevado coste y la demanda adicional de energía. En efecto, el aporte de energía requerido para evaporar el agua residual del fango con calor es muy elevado. El grado de sequedad dependerá del uso posterior planificado para el fango. Por lo tanto, se recomienda examinar la rentabilidad antes de aplicar el secado (análisis de coste-beneficio).

El secado ofrece una buena relación coste-eficacia cuando se dispone de calor excedente de otros procesos o de energía solar para el proceso de secado y siempre que se comercialice o aproveche luego el producto del secado como combustible secundario. Por regla general, un 35% de los sólidos secos en el fango sería suficiente para realizar una calcinación autónoma del fango crudo en plantas adecuadas. El equivalente es un mínimo de aproximadamente 45 a 55 % de sólidos secos en fangos ya digeridos, porque el porcentaje de material orgánico combustible remanente tras la digestión es menor. Además, los fangos de depuración se

	<p>calcinan de forma autónoma a partir de un contenido calorífico de unos 4.500 a 5.000 kJ/kg. Con el secado se puede aumentar ese valor hasta 13.000 kJ/kg, obteniéndose un valor calorífico del sólido orgánico seco similar al de la madera seca o el lignito.</p> <p>El secado de los fangos se lleva a cabo en plantas específicas o bien en plantas directamente unidas a la depuración de las aguas residuales. Los siguientes métodos de secado son, básicamente, los más frecuentes, en parte utilizados de forma combinada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - secado de contacto (p. ej. utilizando secador de película fina, de discos o centrífugo); - secado por convección o radiación (p.ej. utilizando secador de cinta, secador de tambor, de lecho fluidizado o de aire frío); - secado solar <p>El secado solar se basa en el calentamiento del fango y su secado por la radiación solar en construcciones de vidrio similares a un invernadero (ver hoja de datos "Secado solar"). Esa forma de secado para los fangos de depuración está experimentando un aumento de la demanda. Ahora bien, frente a otros planteamientos de secado, el volumen de fango secado en estas instalaciones solares es claramente inferior, y en comparación con la cantidad procesada por métodos térmicos aún es mucho menor, y la superficie requerida mucho mayor.</p> <p>El secado de fangos de depuración se practica en general en los órdenes siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - secado parcial, hasta aprox. un porcentaje de 60–80 % SS - secado total, hasta aprox. un porcentaje de 80–90 % SS; <p>Para secar fango espesado o deshidratado, desde un 25 % SS hasta el 90 % SS con técnicas de contacto o convección, se requiere un aporte de energía de aproximadamente 70 a 80 kWh_{therm} por kg de H₂O evaporado.</p> <p>La opción del secado parcial resulta interesante sobre todo si se va a utilizar el fango en reactores térmicos con elevada eficacia energética, donde se produce el resto del secado requerido del substrato con mayor eficacia (p. ej. hornos de lecho fluidizado; ver hoja de datos "Incineración de lecho fluidizado"). En ese caso, solo se debería secar el fango parcialmente hasta un grado de sequedad suficiente para contribuir positivamente al balance energético general del proceso de incineración.</p> <p>El fango secado tiene las propiedades de un material grumoso o granulado y, por lo tanto, puede ser clasificado como buen combustible adicional para el uso en centrales eléctricas u hornos de cemento, en función de otras propiedades características y permisos. El aprovechamiento en la producción de cemento exige que el fango esté completamente seco, una circunstancia favorable, aunque no indispensable, para el uso en centrales eléctricas. Con frecuencia las centrales de carbón disponen de una fase previa de picado del carbón en la que se puede introducir el fango para su posterior secado. Esto permite incluir en la incineración de la central las suspensiones del fango ya con un contenido de sólidos secos entre el 20 y el 35 %. Las plantas de incineración de residuos (ver hoja de datos "Incineración en parrilla") normalmente solo pueden utilizar el fango de depuración deshidratado o tras un secado parcial o total. En zonas en las que se generen residuos con un elevado valor calorífico (9.000 kJ/kg o superiores), que son incinerados en ese tipo de plantas, es perfectamente posible mezclar el lodo solo deshidratado con los otros residuos a incinerar. En la práctica no se excede una relación de mezcla de 10% del peso como máximo.</p>
<p>POSIBILIDADES Y PROCEDIMIENTOS DISPONIBLES PARA EL APROVECHAMIENTO O ENERGÉTICO Y DE MATERIAL</p>	<p>Existe una gama relativamente amplia de posibilidades para el tratamiento o transformación de los fangos de depuración que permiten aprovechar sus valiosos componentes o contenido energético, además de neutralizar los componentes potencialmente peligrosos o evitar en gran medida sus efectos contaminantes sobre el medio ambiente. Muchos de los procesos en cuestión utilizan tecnologías estándar que también pueden ser aplicadas a otros flujos de residuos, como los residuos urbanos. Se puede hablar de una conversión o transformación de los fangos de depuración con esas tecnologías, pues con su aplicación se modifican las propiedades originales del fango y determinadas sustancias pueden ser utilizadas para otros fines. Para poder realizar estos procesos de aprovechamiento con el menor riesgo y la mayor eficacia posibles pueden ser indispensables las fases de</p>

preparación ya explicadas como deshidratación y/o secado; en determinadas circunstancias también es posible, sin embargo, el uso relativamente directo de uno u otro método de eliminación y aprovechamiento tras una simple estabilización. Un resumen lo ofrece la Imagen 30.

Imagen 30: Procedimientos para el aprovechamiento final de los fangos y resumen de los requisitos



Para poder utilizar y aprovechar al máximo la capacidad de uso de los fangos de depuración disponible en un país, se recomienda a los operadores de las depuradoras y a las instalaciones de tratamiento crear posibilidades de almacenamiento o procurar el acceso a las mismas. Se considera que la capacidad de almacenamiento es óptima si cubre el volumen generado en un año, pero como mínimo se debería disponer de capacidad para el volumen trimestral, o mejor aún semestral.

IV a-c. Transformación térmica y procedimientos de aprovechamiento

La transformación térmica de los fangos de depuración es considerada como uno de los métodos más seguros para la destrucción o inocuización de la mayor parte de los componentes potencialmente peligrosos presentes en los fangos y tiene que ser vista como la solución de eliminación de fangos más contemplada para el futuro, dado el creciente rechazo a la continuación de otras opciones (sobre todo el vertedero y el uso agrícola). Pero la incineración de los fangos sigue siendo una de las variantes de la eliminación más caras, en comparación con las soluciones alternativas presentadas hasta aquí. La incineración de los fangos de depuración exige unas condiciones especiales para el proceso. Estos son algunos de los factores más destacados a tener en cuenta en el aprovechamiento térmico:

- la composición del fango (procedencia y grado de tratamiento previo del fango, entre otros);
- la parte de sólidos secos y, por lo tanto, el valor calorífico (ambos presentan un intervalo de varianza relativamente amplio, pero tienen una importancia especial para la incineración);
- el grado de estabilización (importante para adoptar precauciones especiales en el almacenamiento y la inclusión en el proceso);
- el tipo de estabilización (si han tenido lugar ya procesos de digestión o más bien no);
- el tipo y el contenido de los acondicionantes empleados.

Mono-incineración: es un tipo de incineración especialmente adaptado al flujo de fangos y destinado sobre todo a un aprovechamiento eficiente del contenido energético, con una destrucción o aislamiento simultáneos de los componentes nocivos. Hasta ahora se ha instalado siempre este tipo de plantas en las inmediaciones de las depuradoras, aportando a los operadores de estas las ventajas de los dos procesos, un tratamiento y eliminación perfectamente coordinados de los fangos de depuración y, al mismo tiempo, un aprovechamiento las sinergias, además de una independencia de otras instalaciones y capacidades de eliminación. Un beneficio especial se obtiene mediante el uso de la

electricidad y el calor, generados por la incineración, de forma idónea para el funcionamiento de la depuradora de aguas residuales, permitiendo incluso una autonomía energética. Las tecnologías y grupos de incineración empleados para la mono-incineración pueden ser de diferentes tipos, que naturalmente presentan ventajas y desventajas. A continuación se ofrece una sinopsis en la Tabla 16.

Tabla 16: Resumen de las técnicas principales empleadas para la mono-incineración de fangos de depuración

	Horno de lecho fluidizado	Horno de pisos	Ciclón de pisos	Ciclón de fundición
Características básicas	Carece de piezas móviles y, por lo tanto, apenas requiere mantenimiento	No exige secado previo, construcción compleja con piezas móviles y anillos huecos refrigerados	No exige secado previo, anillos huecos móviles, bajo volumen de lecho fluidificado	Carece de piezas móviles y, por lo tanto, apenas requiere mantenimiento, sin aporte de material para un lecho fluidificado
Modo de operación	Rápido encendido y apagado gracias a ciclos breves de calentamiento y enfriamiento, posibilidad de uso intermitente	Larga duración de encendido y calentamiento, régimen de operación continua	Mediana duración de los tiempos de calentamiento y enfriamiento	Similar al horno de lecho fluidizado, muy flexible en cuanto a la mezcla de combustible
Desarrollo de la incineración	Baja demanda de exceso de aire, combustión total sobre el lecho	Difícil control de la combustión total, flexible a las fluctuaciones en la alimentación de combustible y el tamaño granular	Muy baja demanda de exceso de aire, buena regulación de la combustión total, tiene lugar en su mayor parte en el lecho, más bien flexible a las fluctuaciones en la calidad del fango	Muy variable en la regulación de aire y los tipos de alimentación, permanencia corta
Polvo gases de escape	Alto	Bajo	Alto	Alto
Producción de ceniza	En el flujo de gases de escape y por el cambio del lecho de arena	En el piso inferior de la caldera	En el flujo de gases de escape y por el cambio del lecho de arena	En el flujo de gases de escape, partículas gruesas en el fondo de la caldera
Restos de combustión	Ceniza Material del lecho fluidificado	Ceniza	Ceniza Material del lecho fluidificado	Ceniza, a veces partículas gruesas

En el pasado más reciente ha experimentado un fuerte crecimiento el uso de la técnica de lecho fluidificado estacionaria (ver la hoja de datos "Incineración de lecho fluidizado"), hasta convertirse en la tecnología preferente hoy en día para la mono-incineración de los fangos de depuración. La mono-incineración de los fangos de depuración abre la posibilidad de recuperar el fósforo (ver la hoja de datos "Recuperación de fósforo") a través de la ceniza del fango incinerado.

También la **co-incineración** en centrales eléctricas y hornos industriales está adquiriendo mayor significado para el aprovechamiento de los fangos de depuración. Los fangos pueden ser incinerados en hornos de cemento y hornos de calcinación en fábricas de cal, pero también pueden ser utilizados como combustible adicional en las centrales eléctricas de carbón (ver la hoja de datos "Co-incineración industrial").

Partiendo de que el fango a incinerar haya sido preparado suficientemente (ver al respecto las preparaciones del punto Secado), la mayoría de las incineradoras citadas no tienen problemas en aceptar el material, introducirlo en el proceso de combustión y quemarlo. Cuando esto no es así, existen planteamientos relativamente sencillos y probados para adaptar las plantas y solucionar esos problemas. El fango de depuración utilizado en la producción de cemento no solo puede sustituir una parte del combustible fósil requerido, sino que, por sus componentes minerales, suministra también una parte de la materia prima, en forma de arena y hierro. Por lo tanto, en los hornos de cemento y de calcinación de la industria de la cal, se emplea el lodo calizo también como combustible adicional en un orden del 15 % de la potencia calorífica de combustión. Además del fango de depuración, en estos dispositivos de incineración encuentran aplicación también otros residuos del tratamiento de las aguas residuales, entre ellos los lodos flotantes e hinchados, el material de filtración y los restos de la separación de grasas.

En las centrales eléctricas de carbón convencionales, debido a las emisiones, el porcentaje normal de fango añadido se sitúa actualmente en aprox. un 5 % de la masa combustible. La inyección de carbón fino o la incineración en lecho fluidificado son aquí los procedimientos más corrientes. Como con el fango crudo aumentan los riesgos y dificultades de manejo, en particular del almacenamiento intermedio, en general las centrales eléctricas solo aceptan fangos estabilizados para la incineración. La Tabla 17 muestra una comparación de los procedimientos de co-incineración en centrales eléctricas.

Tabla 17: Diferencias esenciales en las características de la co-incineración de los fangos de depuración en centrales eléctricas de carbón

	Propiedades del combustible	Proceso de incineración	Co-incineración de los fangos de depuración
Central eléctrica de hulla	Contenido de agua en el carbón: 7–11%, Valor calorífico: 27–30MJ/kg	Inyección de carbón fino, horno de fundición por ciclón o incineración de lecho fluidizado circulante	Baja capacidad de secado de la pulverización del carbón que limita el porcentaje de fangos admisible
Central eléctrica de lignito	Contenido de agua en el carbón: 46–60 %, Valor calorífico: 8,5–12,5 MJ/kg	Inyección de carbón fino, incineración de lecho fluidificado circulante	El contenido de metales pesados limitan el porcentaje de fangos a utilizar

El mayor inconveniente de la co-incineración industrial radica en la imposibilidad de recuperar el fósforo (ver la hoja de datos "Recuperación de fósforo").

Además de los citados procedimientos principales de aprovechamiento térmico de los fangos de depuración, para este tipo de flujo de residuos se han implantado ya también algunos métodos alternativos pirólisis y gasificación, a diferencia de para el resto de residuos municipales. Entre estos se encuentra, por ejemplo, el procedimiento PYREG®. El mejor funcionamiento en este que en otros ámbitos se debe sobre todo a la mayor homogeneidad del sustrato en comparación con las mezclas de otros residuos sólidos. No obstante, la implantación en el mercado ha sido en general relativamente moderada y no parece mostrar una tendencia de avance.

IV e-f. Transformación biológica y posterior aprovechamiento de los fangos de depuración

La **producción de biogás a partir de los fangos de depuración** es conocida por el procedimiento biológico ya esbozado en el capítulo de tratamiento de este documento Estabilización. Como vía alternativa se puede mezclar el fango fresco también con otros desechos apropiados, procedentes de la recogida de residuos biodegradables, y utilizarlos en las denominadas plantas de co-digestión para la producción de biogás. Utilizando una mezcla óptima con otras sustancias digeribles, como restos de cocinas y alimentos, y con

POSIBILIDADES Y PROCEDIMIENTOS DISPONIBLES PARA EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO Y DE MATERIAL

-Continuación-

una operación adaptada en modernos grupos digestores se puede aumentar significativamente la producción de biogás, muy por encima de la que se obtendría mediante la sola digestión normal de los fangos u otros residuos denominados biológicos (ver la hoja de datos "Digestión anaerobia"). Una vez lavado y tratado, el biogás producido, con la calidad del gas natural, puede tener múltiples aplicaciones, por ejemplo, como combustible para vehículos o para la producción de electricidad o calor que puede aprovecharse en la red de calefacción o en los procesos de las depuradoras o para el secado de los fangos de depuración.

Imagen 31: Pieza central de una planta de co-digestión anaerobia para fangos de depuración con residuos biológicos (fuente de la imagen: INTECUS)



Solo se plantea el **uso agrícola o paisajístico** de los fangos de depuración completamente estabilizados y clasificados como inocuos desde el punto de vista de su composición, y por lo tanto correspondientemente tratados, analizados y certificados. La mayoría de los países disponen de instrucciones y valores límite que regulan este uso. Por otra parte, también existe la posibilidad de utilizar los fangos, con una calidad apropiada, para el compostaje, que garantiza una suficiente higienización e inocuización de los gérmenes patógenos (ver la hoja de datos "Compostaje"). Aquí se mezcla el fango, u otros restos de la digestión del fango, con otras sustancias de compostaje en la medida que permita cumplir todos los valores de seguridad y calidad existentes para el producto final del compostaje. Un compost así certificado constituye un fertilizante orgánico estabilizado con un contenido medio de nutrientes. Su uso permite mejorar las propiedades del suelo en regiones con un deficiente suministro de humus, además de incrementar también un suministro uniforme y la disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Con el fin de evitar cualquier riesgo potencial de transferencia de componentes peligrosos, existe una prohibición general de uso de los fangos de depuración en suelos destinados a cultivos biodinámicos, así como en suelos para el suministro directo de alimentos, es decir suelos destinados a la producción de verduras, fruta o forraje. La calidad del producto y la seguridad higiénica y para el medioambiente, de los fertilizantes obtenidos de los fangos de depuración, tiene máxima prioridad, por eso es necesario crear mecanismos de control internos y externos y, siempre que sea posible, los proveedores de tales productos deberían adherirse a un sistema de control de calidad o de supervisión de los productos. Uno de esos sistemas sería, por ejemplo, el análisis periódico en laboratorio, a no ser que este ya sean obligatorio, y la correspondiente certificación.

Mezclar los fangos de depuración en los procesos mecánico biológicos de tratamiento (MBT) de residuos urbanos (ver la hoja de datos "Tratamiento mecánico biológicos de los residuos") solo tiene sentido si la digestión anaerobia de la fracción biológica forma parte de esos procesos o donde se obtenga un producto estabilizado que pueda ser aprovechado luego en procedimientos térmicos como combustible adicional. MBT exclusivamente para los fangos de depuración serían una solución muy poco rentable y por lo tanto no es lo habitual.

POSIBILIDADES DE
ELIMINACIÓN DE-
FINITIVA

Una **incineración de los fangos de depuración con otros residuos** puede realizarse, pero normalmente sirve solo para eliminar con seguridad los componentes potencialmente peligrosos, así como para mineralizar la parte orgánica y, en consecuencia, para reducir al mínimo la cantidad de material residual. En un caso ideal, el proceso está acoplado a una recuperación de energía. Para este fin son apropiadas las incineradoras masivas de los residuos urbanos, en Alemania también denominadas centrales de residuos, equipadas con técnicas de incineración estándar, como la incineración de parrilla (ver la hoja de datos "Incineración en parrilla"), así como con técnicas de tratamiento de gases y control.

La diferencia de los procesos, donde se mezclan los fangos de depuración en la incineración de residuos, con otros procesos térmicos radica en el tipo y la manera de inyectar el material. Estas soluciones pueden conllevar también grandes inversiones, por ejemplo, para equipos de inyección adecuados o depósitos adicionales para el almacenamiento intermedio y técnicas de supervisión. Si aumenta el volumen de material y no se dispone de depósito de reserva, la solución pasaría por añadir los fangos deshidratados con buena estructura de forma continua y mezclarlos con los residuos en el depósito de alimentación, utilizando para ello sistemas de aporte o distribución (riego o dispersión). En algunas incineradoras de residuos (sobre todo las que trabajan con residuos de elevado valor calorífico) puede ser conveniente la inyección pulverizada sobre el lecho de combustión (principalmente en la zona de ignición), pues la humedad del fango puede servir de medio auxiliar para controlar el régimen de temperatura (enfriamiento de valores punta) y la formación primaria de óxido de nitrógeno. Para poder controlar bien la difícil gestión del proceso al introducir fangos de depuración en las incineradoras de residuos se reduce el porcentaje de material aportado a la incineración en parrilla a un máx. de ~10%. El tratamiento de los gases es una fase indispensable en la incineración de basuras para captar o filtrar del flujo de emisiones los peligrosos compuestos que se forman en las reacciones térmicas. Especial atención sobre el flujo de gases de escape de la incineración de fangos de depuración merecen los óxidos de nitrógeno y las cargas de gas que contienen mercurio (ver la hoja de datos "Tratamiento de los gases de combustión").

El **depósito de los fangos de depuración en vertedero** no es una opción preferente, no solo por la completa pérdida de material potencialmente útil que supone, sino también por el aporte adicional de humedad y carga orgánica al vertedero, con el consiguiente incremento del potencial de emisiones de gases e infiltraciones de agua. Cuando sea inevitable o necesario, el depósito de los fangos en vertedero debe efectuarse de forma técnicamente correcta y con todas las seguridades, aplicando para ello los modernos estándares de protección y operación de los vertederos de residuos urbanos (ver hoja de datos "Vertederos de residuos urbanos"). Esta debería ser siempre una solución temporal y no una solución general definitiva. También la eliminación de las cenizas procedentes de la incineración de los fangos en vertedero debe efectuarse cumpliendo todos los estándares requeridos y utilizando los sistemas de seguridad. Los gastos de todo el proceso para la eliminación de los fangos de depuración se sitúan en el siguiente orden de costes aproximados, basados en la situación y los precios en Alemania, (ver tabla 18).

Tabla 18: Comparación de costes de las diferentes opciones existentes para la eliminación de los fangos de depuración (datos basados en las referencias de diferentes fuentes acerca de la eliminación de fangos de depuración en Alemania (ver fuente [1])

Método de eliminación	Precio de la eliminación EUR/t fango húmedo (fecha 2011/12)		Estado del fango
	Mín.	Máx.	
Co-incineración en central térmica de carbón	80	130	Seco, >85% SS
Co-incineración en horno de cemento	90	100	Seco, >85% SS
Mono-incineración	80	120	Deshidratación mecánica 20-45 MS
Combinado con incineración de basuras	80	100	Deshidratación mecánica 20-45 MS
Co-incineración en central eléctrica de carbón	75	100	Deshidratación mecánica 20-45 MS
Co-incineración en central eléctrica de lignito	50	75	Deshidratación mecánica 20-5 MS
Uso para recuperar terrenos	30	45	Deshidratación mecánica 20-45 MS
Uso agrícola regional	33	45	Deshidratación mecánica 20-45 MS
Uso agrícola regional	25	30	Deshidratación mecánica 20-45 MS

REFERENCIAS DE PRESTADORES DE SERVICIOS O FABRICANTES

(Nota importante: la relación de empresas de esta sinopsis no pretende ser exhaustiva)

Los proveedores de tecnologías aptas para el tratamiento de los fangos de depuración figuran en las diferentes hojas de datos a las que se remite en las exposiciones de los principios de tratamiento especiales. Un examen de las mejores combinaciones tecnológicas y las opciones de eliminación asociadas, las experiencias determinantes y los parámetros de los procesos lo suministra, no obstante, una visita a las instalaciones y el intercambio con los usuarios en la práctica.

A continuación una lista de las instalaciones de visita recomendada en Alemania.

- Sobre la estabilización de fangos de depuración: depuradora de Blümeltal/municipio de Pirmasens, Renania-Palatinado
- Sobre el secado con intercambiador de calor: depuradora de Weissach, Baden-Württemberg
- Sobre el secado solar: depuradora de Penzing Weil, Baviera
- Sobre la mono-incineración con horno de pisos: depuradora de Sindlingen, Hessen
- Sobre la mono-incineración con lecho fluidizado circulante depuradora de Steinhäule, Baviera
- Sobre la co-incineración en horno de cemento: Cemex Betrieb Rüdersdorf, Brandeburgo
- Sobre la gasificación de lodo: depuradoras de Balingen y de Mannheim, Baden-Württemberg
- Sobre la co-digestión de fangos de depuración: depuradora de Radeberg y Dresden-Kaditz, Sajonia
- Sobre la recuperación de fósforo: depuradora de Berlin-Waßmannsdorf, Brandeburgo

<p>DOCUMENTOS Y CENTROS COMPETENTES RECOMENDADOS PARA OBTENER INFORMACIÓN DETALLADA SOBRE LAS MEJORES PRÁCTICAS</p>	<ul style="list-style-type: none">• [1] Estudio "Klärschlammentsorgung in der Bundesrepublik Deutschland". publicado en 2012; disponible para consulta en: http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klaerschlammentsorgung-in-bundesrepublik• EC: Hoja informativa sobre las mejores técnicas disponibles para las plantas de tratamiento de residuos, de agosto de 2006, disponible en: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/bvt_abf_allbehandlung_vv.pdf• EC: Hoja informativa de BVT sobre las mejores técnicas disponibles para la incineración de residuos de julio de 2005, disponible en: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/bvt_abf_allverbrennungsanlagen_vv.pdf• German Association for Water, Waste water and Waste – DWA www.dwa.de• Technical Committee ISO/TC 275 Sludge recovery, recycling, treatment and disposal within the International Organization for Standardization (ISO) www.iso.org
---	--