

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

INDICE

INTRODUCCION

CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RCD

Clasificación de RCD

Caracterización de RCD

OPCIONES DE VALORIZACIÓN DE RCD

Reutilización

Reciclaje

Recuperación de áreas

Valorización energética

GESTIÓN DE RCD

Manejo interno y almacenamiento

Instalaciones de gestión externa

Planta de clasificación y transferencia

Plantas de reciclaje: fijas y móviles

Vertederos de inertes

SITUACIÓN DE LOS RCD EN EUROPA, ESPAÑA, Y AMÉRICA LATINA

BIBLIOGRAFIA

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Irma T. Mercante¹, M^a Dolores Bovea², Susana Llamas¹.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

²Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón, España.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción denota un papel muy importante en la economía de una región o país, y de su desarrollo dependen en gran medida actividades productivas primarias y de servicios. Es una actividad que consume ingentes cantidades de materia prima y energía, y a la vez genera grandes volúmenes de residuos predominantemente de tipo sólidos.

Los materiales utilizados en la construcción de obras civiles están sometidos a diversas transformaciones durante su ciclo de vida, entendiendo como tal la totalidad de etapas desde la explotación de recursos naturales para su fabricación, hasta su disposición final como residuo. El manejo que de ellos se hace durante la última fase, llamada también de “fin de vida” puede presentar distintas características y alternativas dependiendo de factores económicos, técnicos y ambientales.

Este residuo se caracteriza porque presenta un bajo riesgo ambiental en cuanto a toxicidad; por el contrario, su impacto visual es con frecuencia alto por el gran volumen que ocupan y por el escaso control ambiental ejercido sobre los terrenos que se eligen para su depósito. Además, se evidencia un impacto ambiental negativo derivado del desperdicio de materias primas que implica la gestión sin valorización.

El tratamiento y la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) ha evolucionado en las últimas tres décadas hacia un manejo más eficaz y respetuoso con el ambiente. Hasta fines de la década del '70 sólo se practicaba la disposición clandestina e incontrolada, hoy se trata al RCD como un recurso valorizable, y se propician acciones de minimización, reutilización y reciclaje.

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

Se abordará en este capítulo la definición y clasificación de los RCD, sus opciones de gestión y tratamiento y un panorama general de la situación de los mismos en Europa, España y América latina.

CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RCD

Los RCD se generan en la propia actividad de la construcción. Se define a los RCD como aquellos residuos que se generan durante la construcción, renovación (ampliación o reparación) y demolición de obras de edificios residenciales o no-residenciales (industriales, comerciales e institucionales), obras viales (puentes, calles, avenidas), obras hidráulicas (canales de riego, diques) así como cualquier otra obra de ingeniería civil. Incluyen además los generados en instalaciones auxiliares que den servicio exclusivo a la obra, tales como plantas de hormigón elaborado, plantas de concreto asfáltico y depósito de materiales de construcción, en la medida en que el montaje y desmontaje de dichas instalaciones tenga lugar al inicio, durante o al final de la ejecución de la obra.

Clasificación de RCD

La clasificación de los RCD puede plantearse según distintos factores, tales como el origen y fuentes de generación y la naturaleza del residuo. Si se tiene en cuenta el primero de ellos, se obtienen los siguientes tipos:

- Materiales de limpieza de terrenos: tocones, ramas, árboles.
- Material de excavación: este es normalmente un residuo inerte, y en general de naturaleza pétreo. En algunos casos se presenta con contaminantes. Algunos componentes son las tierras y rocas de excavación y los excedentes de materiales granulares.
- Residuos resultantes de construcción nueva, de ampliación o reparación (obra menor): son los que se originan en el proceso de ejecución material de los trabajos de construcción. Se generan durante la propia acción de construir y de los embalajes de los materiales. Sus características y cantidad son variadas y dependen de la fase del trabajo y del tipo de obra.
- Residuos de obras viales: compuestos por trozos de losas de hormigón de la demolición y construcción de caminos, residuos de asfalto y mezclas del pavimento asfáltico, residuos de renovación de puentes, entre otros.

- Residuos de desastres: son aquellos generados por la acción de desastres naturales, tales como sismo, aluvión, vientos e inundaciones.

Otra clasificación muy útil es la que determina los tipos de RCD de acuerdo a su naturaleza por estar asociada a las condiciones para el vertido (CE, 1999). En este caso se pueden clasificar en tres categorías: inertes, no especiales o reciclables y especiales o peligrosos.

- Inertes: se definen como residuos no- peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; no son solubles ni combustibles, no reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no son biodegradables, no afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas (CE, 1999). Esta categoría engloba tierras de excavación, pétreos, cerámicos y vidrio.

- No especiales o reciclables: estos residuos pueden ser almacenados o tratados en las mismas condiciones que los residuos domésticos. La característica de no- peligrosos es la que define sus posibilidades de reciclaje, de hecho se reciclan en instalaciones industriales juntamente con otras fracciones provenientes de distintas corrientes de residuos. Se incluyen maderas, papel, plásticos y metales.

- Especiales o peligrosos: son los RCD que tienen características que los hacen potencialmente peligrosos, tales como sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas, irritantes, cancerígenas. Incluye pinturas, solventes, amianto, entre otros.

La Comunidad Económica Europea (CEE) ha listado a los RCD en grupos categóricos en el Catálogo Europeo de Residuos (CE, 2000), correspondiendo a la clase 17 resumida en la Tabla 1. Cada categoría se divide además en sub-categorías.

Tabla 1. Categorías principales de la clase 17: Residuos de Construcción y Demolición

Código CER	Descripción
17 01	Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos
17 02	Madera, vidrio y plástico

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

17 03	Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados
17 04	Metales (incluidas sus aleaciones)
17 06	Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto
17 08	Materiales de construcción a base de yeso
17 09	Otros residuos de construcción y demolición

En el caso de RCD que contienen residuos peligrosos el CER los denomina con códigos que aparecen con un asterisco. Por ejemplo, “Residuos que contienen mercurio” se identifican con el código 17 09 01*.

Caracterización de RCD

La elaboración y ejecución de planes de gestión de residuos sólidos para una región determinada requiere como primera etapa la consecución de los datos de caracterización. El objetivo de la misma es conocer qué cantidad y en qué proporciones ó composición, se generan las distintas categorías de materiales residuales. Estos datos son básicos a los fines de seleccionar y valorar adecuadamente la viabilidad de diferentes tecnologías de tratamiento, especialmente en lo que concierne a los programas de reciclaje (Lund, 1996). Adicionalmente, los datos de composición se utilizan para determinar los compuestos químicos potenciales que serán emitidos en forma de lixiviados, tienen un impacto directo sobre la densidad conseguida in situ en el caso de disposición final en terreno, y sobre el cálculo de la vida útil de los vertederos.

Los datos de composición obtenidos en distintas regiones han indicado porcentajes de entre 75% y 80% para la fracción inerte. El resto, entre 20% y 25% corresponde a fracciones de RCD no especiales y peligrosos. Los porcentajes pueden variar según las categorías incluidas en la composición. La Figura 1 muestra la distribución porcentual de los distintos tipos de RCD publicados en el Plan de gestión de RCD en España (MARM, 2008).

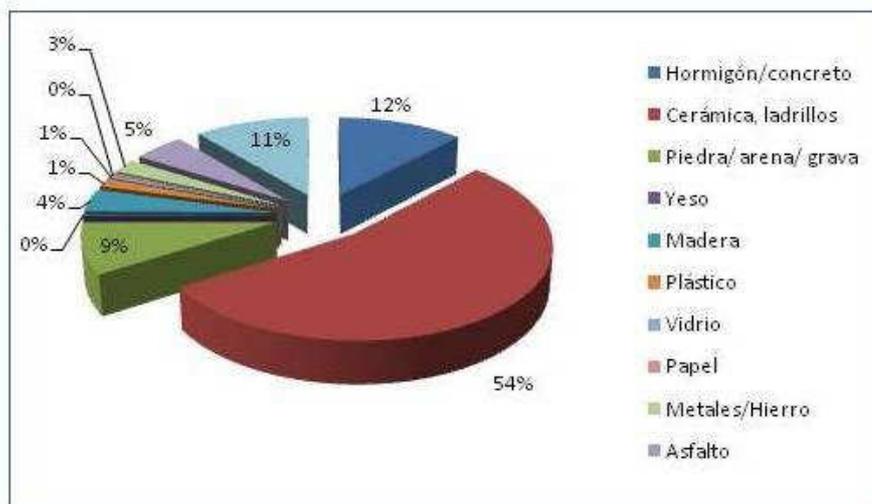


Figura 1. Distribución porcentual en peso de RCD en España.

La cantidad y composición de RCD varía de una comunidad a otra debido a la demografía histórica y al crecimiento actual de cada una. Por ejemplo, en áreas de expansión urbana el flujo de residuos de construcción de obra nueva presenta una mayor cantidad que los residuos de demolición. Otros factores que influyen en las características de los RCD son el tipo de proyecto: edificación ó infraestructura; la cantidad anual de superficie construida y demolida y la etapa de ejecución de las obras: fundación, estructuras, cierres verticales y horizontales, terminaciones o acabados en el caso de obras de edificación; los hábitos constructivos y los materiales utilizados. En la Tabla 2 se señala la variabilidad de la composición de RCD según el tipo de obra y actividad medidos en peso.

Tabla 2: Composición porcentual de RCD según la actividad generadora

	Construcción Nueva			Renovación	Demolición	
	Residencial % (1)	Residencial % (2)	Residencial % (3)	Residencial % (4)	Residencial % (5)	Multifamiliar % (6)
Madera	42	67	2	45	42	14
Hormigón	--	5	--	--	24	--
Ladrillos	6	--	34	--	--	14
Tejados	6	--	--	28	--	3
Plásticos	2	--	1	--	--	--
Metales	2	--	--	--	2	--
Yeso/Panel	27	20	5	21	--	17

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

Mezclas	15	8	55	6	32	1
Escombros	--	--	3	--	--	51

En el caso de construcción nueva las diferencias en las columnas (1), (2) (EPA, 1998) y (3) (Mercante, 2005) están dadas sobre todo por el tipo de materiales empleados. Así, la tercera por ejemplo, corresponde a una vivienda construida con materiales de concreto y cerámico principalmente. La columna (4) indica una composición con mayor porcentaje de residuos de techados y desaparece el concreto. En el caso de demoliciones (5) y (6) se destaca el porcentaje de madera para la primera y el escombros para la segunda por tratarse en este caso de una edificación de varios pisos con importantes fundaciones (EPA, 1998 op. cit.). Las consideraciones realizadas demuestran que a los fines de establecer índices de generación regionales o nacionales representativos es necesario realizar varios muestreos.

La metodología para estimar el peso y volumen de los RCD generados en una región combina los datos de superficies construidas y demolidas con resultados de muestreos puntuales. Las unidades de los índices de generación que se utilizan frecuentemente en edificación se expresan en kg/m² y m³/m². La Tabla 3 indica algunos valores de dichos índices estimados en el II Plan Nacional de RCD (II PNRCDD) de España para el periodo 2007-2015 (MARM, 2008).

Tabla 3: Índices de generación de RCD

Tipo de construcción	RCD producido por m ² de edificación kg/m ²
Obras de edificios nuevos	120
Obras de rehabilitación	338,7
Obras de demolición	1129

Los datos de generación de residuos pueden brindar información útil si pueden vincularse a la etapa de obra en la cual se producen. La forma de obtener tal relación puede ser directa, a través de la toma de “datos de generación” y al mismo tiempo apuntar la “tarea ejecutada” o vinculando indirectamente los cronogramas de producción de obra con la generación de RCD. La primera alternativa puede ser compleja en el caso de que se construyan varias edificaciones iguales, debido a la ejecución simultánea de varias etapas a lo largo del plazo de ejecución de la obra.

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

La aplicación de estos índices, tanto para la gestión interna como externa de los RCD se resume en la Tabla 4 (Mercante, 2005).

Tabla 4. Aplicación de los índices de generación

	Aplicación empresarial	Aplicación administrativa
Índice Ic [kg/ m ²]	Costo de vertido (a)	Fianza (b)
Índice Iv [m ³ / m ²]	Necesidad de contenedores (c)	Capacidad de vertedero (e)
	Costo de transporte (d)	-----

- (a) Los vertederos controlados cobran una tasa por vertido de RCD expresada en \$/t.
- (b) La fianza municipal, garantía implementada por algunas legislaciones para asegurar la correcta gestión de los RCD, se determina según la cantidad de residuos generada. Si no hay datos puede recurrirse a otros índices tal como la superficie a construir.
- (c) La cantidad y tipo de contenedores en la obra, así como su frecuencia de recolección se determina en función del volumen.
- (d) El costo de transporte depende de los volúmenes a retirar de la obra.
- (e) Las metodologías para calcular cantidades locales o nacionales incluyen índices de generación por tipo de obra.

A nivel regional o municipal se utilizan las unidades t/porcápita/año y t/año (EPA, 1998 op.cit.). Cada una tendrá una aplicación diferente según el objetivo de la caracterización. La Tabla 5 indica datos de generación de distintos países.

Tabla 5: Datos de generación de RCD en distintos países

País ó ciudad	Cantidad (kg/hab/día)
Europa (CE-15) (Symonds, et. al., 1999)	1,30
España (MARM, 2008)	1,80- 2,50
México D.F. (Gonzalez, 2007)	0,375 – 0,625
Brasil (Gusmão, 2008)	0,76- 2,08

En cuanto a los parámetros a determinar en la composición, como mínimo debe estructurarse el estudio en base a una “macroaproximación”, lo que implica tener en cuenta una clasificación en los tres componentes principales que ya se han mencionado: inertes, no especiales o reciclables y especiales o peligrosos. Sin embargo, y a los fines de valorar diversas estrategias de reciclaje y comercialización es imprescindible la adopción de una “microaproximación” para analizar cada

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

componente residual en subcomponentes. La Tabla 6 (Mercante, et. al., 2009) presenta una posible clasificación atendiendo a los argumentos expuestos. Cabe señalar que los estudios de caracterización de residuos sólidos en general se basan en razonamiento estadístico, obteniéndose en todos los casos estimaciones de los resultados.

Tabla 6: Clasificación de materiales en el flujo de RCD

Tipo	Componentes	Sub- componentes
Inertes	Tierras	
	Pétreos	Hormigones, morteros, áridos.
	Cerámicos	Ladrillos, revestimientos, losetas, tejas.
No especiales o reciclables	Madera	Contrachapada, machimbre, puntales, tablas, pallets, madera tratada.
	Papel	Corrugado en embalajes, bolsas de cemento y cal, papel oficina.
	Plásticos	Policloruro de vinilo PVC, polietileno tereftalato PET, poliestireno expandido PS, polietileno de baja densidad PEBD, polietileno de alta densidad PEAD, polipropileno PP, otros.
	Metales	Plomo, aluminio, cobre, hierro, acero, bronce.
	Vidrio	Translúcido, de color.
	Yeso	Mortero de yeso, muro seco.
Peligrosos o especiales	Asfaltos; amianto; pinturas, solventes, y aditivos de hormigón y sus envases.	

En relación los residuos peligrosos que pueden encontrarse en los RCD se mencionan los más comunes y su característica de peligrosidad:

- Aditivos de hormigón (inflamable)
- Adhesivos, másticos y sellantes (inflamable, tóxico o irritante)
- Emulsiones alquitranadas (tóxico, cancerígeno)
- Materiales a base de amianto, en forma de fibra respirable (tóxico, cancerígeno)
- Madera tratada con fungicidas, pesticidas (tóxico, ecotóxico, inflamable)
- Revestimientos ignífugos halogenados (ecotóxico, tóxico, cancerígeno)
- Equipos con PCB (ecotóxico, cancerígeno)
- Luminarias de mercurio (tóxico, ecotóxico)
- Sistemas con CFCs (afectan la capa de ozono)
- Elementos a base de yeso (fuente posible de sulfhídrico en vertederos, tóxico, inflamable)

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

OPCIONES DE VALORIZACIÓN DE RCD

La valorización se define como todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos. Estos recursos pueden ser energéticos o materiales. En el caso de los RCD, dado que la mayor fracción corresponde a los residuos inertes existe una mayor posibilidad de recuperación material por sobre la energética.

Reutilización

La acción de reutilizar involucra la aplicación de un material residual de modo que mantiene su forma e identidad original. Es decir, la recuperación de elementos constructivos completos y el reuso con las mínimas transformaciones posibles, conduciendo así además a la reducción de los residuos. Durante el proceso de construcción se generan algunos residuos reutilizables procedentes de los materiales propios de las obras y otros de los materiales auxiliares, tales como encofrados de madera y metálicos, andamios o sistemas de protección y seguridad; también embalajes y envases como grandes contenedores, silos y pallets.

En los procesos de demolición y aplicando técnicas de “deconstrucción” se pueden recuperar elementos tales como tejas, carpintería metálica y de madera, techados, entre otros.

Reciclaje

La actividad del reciclaje se refiere a la operación que incorpora a los residuos en un proceso en el que requerirán ser tratados, y luego sometidos a un proceso de elaboración junto con otros insumos. Es una de las estrategias de gestión de los residuos sólidos en general, y en particular de los RCD igual de útil que el vertido, pero ambientalmente preferible.

En países desarrollados el apoyo estatal al reciclaje responde a una amplia demanda por parte de la población y es practicado con los RCD desde la década del '80. En países en vías de desarrollo el reciclaje estuvo reducido a recuperación informal y venta hasta fines de los años '90 cuando se comenzó con la instalación de plantas para reciclar los materiales recuperados, simultáneamente con la aparición de normativas nacionales.

La naturaleza de los materiales que componen los RCD determina cuáles son reciclables y su utilidad potencial. Los residuos pétreos, hormigones y ladrillos principalmente que componen la fracción inerte pueden ser reintroducidos en las obras como material de relleno, una

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

vez que hayan sido sometidos a un proceso de trituración y tamizado. También esta fracción ha sido utilizada en bases de caminos con muy buenos resultados y sobre todo en obras públicas. No obstante, se han investigado otras aplicaciones para este material (Rolón Aguilar et.al., 2007) cuyos resultados han permitido dirigir su uso en hormigones y morteros. Estos estudios concluyen que los áridos reciclados procedentes de hormigón presentan un elevado nivel de poros, con posibilidad de absorber más agua y una densidad más baja que los áridos naturales. Por otra parte, las propiedades mecánicas estáticas de hormigones apuntan a una reducción en sus cuantías, producidas por el incremento de reemplazo de áridos naturales por áridos reciclados procedentes de hormigón, y sus variaciones dependen del tipo de hormigón original y de su estado de conservación. Estas incertidumbres limitan el uso de agregados reciclados en estructuras y se tienden a usar solo fracciones de los mismos. Otro estudio de dosificaciones y caracterización de morteros elaborados con áridos reciclados de hormigón, concluye que los morteros de albañilería base cemento pueden incorporar como máximo un 20%- 25% de árido reciclado sin evidenciar pérdidas significativas de calidad (Vegas, 2009). Otros usos son la fabricación de bloques de concreto (Carneiro, 2005) y la construcción de estacas de compactación como mejoradores de suelos arenosos (Gusmão, 2008).

El resto de las fracciones reciclables, tales como papel, plástico, vidrio y metal, se introducen en el ciclo productivo del material virgen con condiciones de pureza determinadas. La madera también es factible de reciclaje, triturada y utilizada en la fabricación de placas aglomeradas.

Además de la viabilidad técnica de los materiales reciclados se debe estudiar su impacto ambiental, esto es el análisis “de la cuna a la tumba” durante la etapa de fin de vida. Se han realizado ya algunas evaluaciones a través de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) aplicada al sistema de gestión de los RCD (Ortiz, et.al. 2009). Los resultados dan el perfil ambiental del sistema de tratamiento propuesto y permite comparar distintos escenarios. Por otra parte, se puede incluir en la evaluación la carga evitada por la sustitución del material virgen y compensar las cargas ambientales del reciclaje en una consideración más equitativa. De este modo la aplicación de la herramienta del ACV se constituye en un elemento de juicio adicional momento de decidir un tratamiento.

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

Desde el punto de vista económico, la actividad del reciclaje es una actividad industrial que conlleva la generación de empleos y renta pública. Sin embargo para que tenga éxito es imprescindible la existencia de un mercado que absorba los materiales generados en forma eficiente. Al inicio de la implementación de un sistema de gestión de RCD la actividad de obras públicas debe ejemplificar con el empleo de áridos reciclados. En este sentido son necesarias normas técnicas, que caractericen el material y fijen los límites de calidad para diversos usos, todo ello amparado en legislación y fiscalización efectivas.

Recuperación de áreas

La valorización de los RCD como recuperación de materia de los residuos se relaciona con su utilización en la restauración de áreas degradadas con el fin de lograr su integración ambiental y paisajística. Los factores a tener en cuenta para el aporte de materiales externos a un área degradada son la proximidad, el tipo de RCD, las características propias del área y la evaluación ambiental.

Los materiales ideales son los RCD mezclados que no tienen residuos peligrosos y cuyo reciclaje es dificultoso justamente por dicha mezcla. Las áreas degradadas por explotación de canteras son los lugares prioritarios para disposición final de la fracción inerte de los RCD, pues representa una alternativa real de posterior reutilización de las mismas. Los criterios utilizados para la selección de sitios aptos para disposición de RCD inertes, en general, deben incluir aspectos urbanos, ambientales y económicos.

Valorización energética

La valorización energética implica recuperar energía de los residuos. El objetivo es eliminar la toxicidad del mismo y a la vez aprovechar el calor contenido, por lo que en este caso la capacidad calorífica del material residual será la variable principal a tener en cuenta. Esto puede hacerse, en el caso de los RCD con las fracciones de papel, plásticos, maderas y algunos componentes peligrosos, tales como restos de pinturas, asfaltos, envases de pinturas y solventes. Dado su potencial de contaminación atmosférica debido a las emisiones gaseosas al aire es que esta es la opción menos preferida de entre las que corresponden a valorización de residuos.

GESTIÓN DE RCD

Se define la gestión de RCD al conjunto de acciones y actividades de control que dan al residuo el destino más adecuado para proteger la salud humana y el ambiente en general. En el caso de los RCD se pueden considerar dos fases: interna o intraedificacional y externa, considerando para la primera, las etapas de generación y recogida en obra, y para la segunda las etapas de recogida, transporte, tratamiento y disposición final.

Un aspecto a tener en cuenta en la planificación de la gestión interna es el tamaño e importancia de la obra civil de que se trate. Esto es debido a que las obras de pequeña envergadura, denominadas “obra menor” en la mayoría de las legislaciones, no tendrán el mismo tratamiento respecto a la gestión de sus residuos, eximiéndose su generador de la responsabilidad en la gestión y tomándola a su cargo la autoridad de gobierno correspondiente a través de programas de alcance local. En este caso el límite puede estar entre 1 y 2 m³ según la normativa y se gestionan a través de ecopuntos, es decir sitios donde los generadores menores llevan sus RCD para luego ser transportados a plantas de tratamiento por la autoridad local.

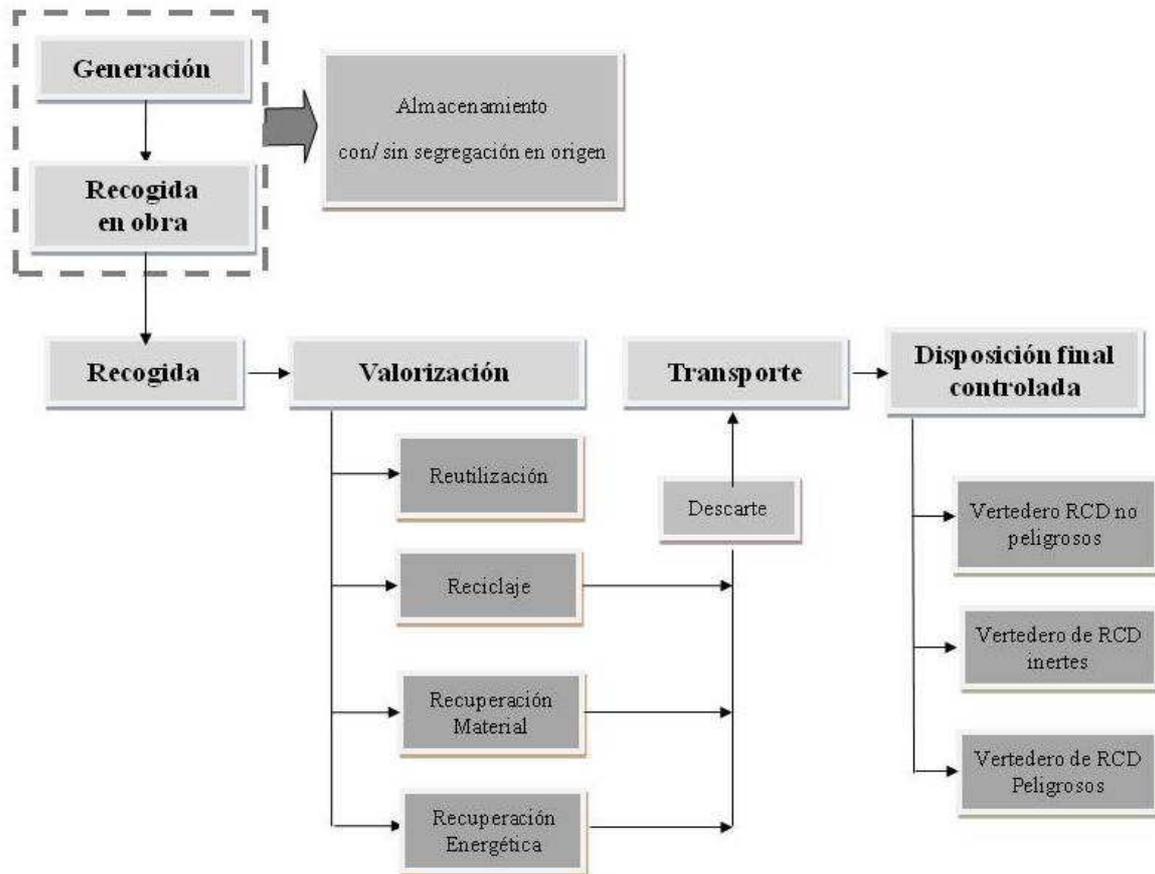


Figura 2. Etapas de gestión de los RCD

Manejo interno y almacenamiento

Las empresas de la construcción se enfrentan últimamente a distintos retos derivados de la degradación medioambiental, de la necesidad de optimizar el consumo de recursos, especialmente agua y energía; y ligado con todo lo anterior, de la aparición de nuevos requisitos normativos que imponen restricciones y obligaciones ambientales en cuanto al manejo de los RCD. En este marco la tendencia mundial es tomar todas las medidas para minimizar emisiones y residuos en forma progresiva y permanente en los procesos mediante la utilización de buenas prácticas.

En la fase de gestión interna los residuos generados en las actividades de construcción o demolición se recogen en cada área de trabajo y se almacenan para luego ser trasladados a plantas de tratamiento y disposición final. Una herramienta básica para la eficiencia en el manejo de RCD es el plan de gestión interna. Su elaboración como parte de los proyectos ejecutivos de Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

construcción/demolición permite la prevención en origen a través de la implementación de medidas de minimización (Figura 3), la planificación óptima del movimiento de RCD dentro de la obra, la identificación de gestores externos y la determinación de costos de gestión. Este plan es un requisito a cumplir en las legislaciones de varios países.

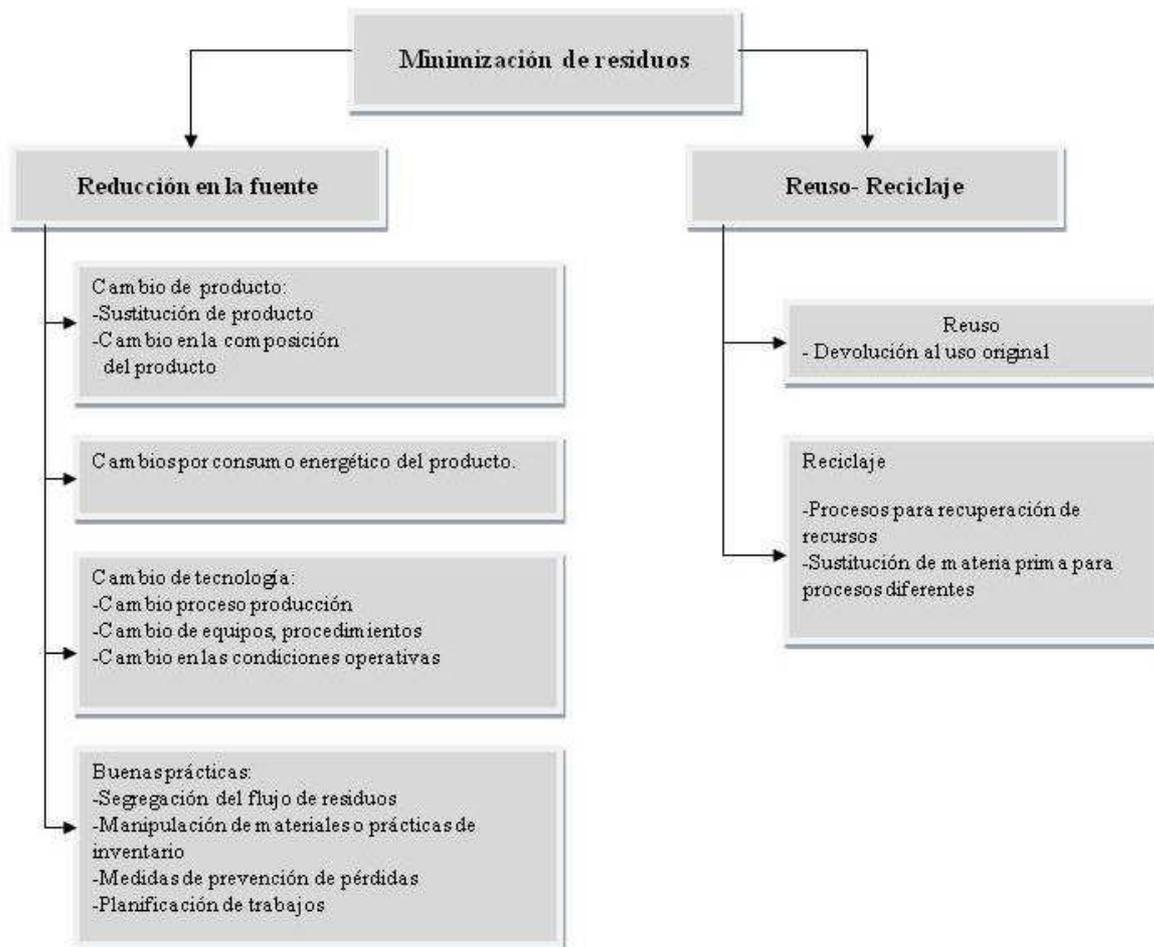


Figura 3: Prácticas de minimización de residuos (Begum et.al., 2007, modificado)

En cuanto a las medidas de minimización, un estudio (Begum et.al., 2007) realizado sobre 130 empresas constructoras a fin de evidenciar la percepción sobre la efectividad de las medidas de minimización, ha demostrado que los factores que más contribuyen a la reducción de residuos son la compra de materiales durables y reparables, la adquisición de materiales que tengan embalajes reutilizables, y el reuso y reciclaje de materiales; con un nivel de importancia Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

media fueron calificados el uso de productos no tóxicos, el cambio del diseño de procesos de construcción, la obtención de materia prima exacta a las necesidades y el uso de los materiales antes de su vencimiento o antes de ser deteriorados. Los menos considerados fueron el uso de tecnologías que generen pocos residuos, la implantación de programas de educación o programas de incentivos y la segregación en distintos tipos de residuos con miras al reciclaje, pero siendo además estas últimas prácticas las menos ejecutadas. Las ventajas de la implementación de prácticas ecoeficientes se traducirán en beneficios de tipo no sólo ambiental, sino además económicos, tales como la reducción de pérdidas de materiales, disminución de riesgos laborales, optimización de la operatividad en la obra, mejor gestión de procesos, retorno adicional debido a la recuperación y venta de subproductos, disminución del costo de tratamiento y/o disposición final de los residuos, mejor imagen del desempeño ambiental y aseguramiento del acceso a mercados y créditos.

El modo de recogida de los RCD en obra puede ser diferenciado o no según la cultura y hábitos de la empresa que se trate, de la legislación existente y de las posibilidades de tratamiento de que se disponga en la ciudad donde se localiza la obra. La disposición y cantidad de contenedores, al igual que las zonas de almacenamiento dependerán del volumen producido en obra. Cabe señalar que la recogida selectiva trae como ventaja que los residuos tengan altas posibilidades de valorización por la pureza de su composición. Los residuos mezclados pueden ser seleccionados luego, pero con mayor costo de operación, y generalmente van a vertedero.

La Figura 4 muestra una imagen de contenedores plásticos de pre-recogida en un edificio de varios pisos correspondiente a materiales no peligrosos reciclables (madera, papel, metales y plástico). Se observa que los contenedores están perfectamente identificados a los fines de la separación. La Figura 5 muestra la organización de zonas de almacenamiento para los mismos materiales, y la Figura 6 la recogida de materiales inertes en contenedores metálicos cuyo volumen puede variar entre 3 y 7 m³.



Figura 4: Pre- recogida selectiva de RCD en un edificio de varios pisos



Figura 5: Zonas de almacenamiento de RCD reciclables

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

La fracción de residuos peligrosos obligatoriamente deber ser recogida y gestionada en forma separada, ya que se encuentra regulada por normativa específica en la mayoría de los países.



Figura 6: Almacenamiento de RCD inertes

Finalmente, cabe mencionar que la recogida en obra se encuentra en gran parte condicionada por la relación “superficie ocupada por la obra/ superficie del terreno”, dependiendo de esta relación el espacio disponible para el almacenamiento de los residuos y por lo tanto la frecuencia de recolección. Cuanto mayor sea el factor de ocupación, más eficaz debe ser el manejo de los residuos hacia los puntos de retiro de los materiales. La planificación de esta etapa requiere de la aplicación de índices de generación mencionados en la Tabla 4.

Instalaciones de gestión externa

La gestión externa de los flujos de RCD y su valorización para su transformación en nuevos productos constituye un proceso que requiere el uso de maquinaria especializada y de Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

procesos industriales que garanticen la calidad de los materiales según las normativas de cada región. Se necesita, por lo tanto, maquinaria capaz de realizar la compleja clasificación de materiales inertes y no- especiales de distinta naturaleza (pétreos, papel, cartón, plásticos, metales), la trituración de los componentes inertes de hormigón, cerámicos o asfálticos y su posterior cribado a los fines de introducirlos en el mercado de materiales de construcción.

En las normativas implementadas recientemente en España y otros países se ha establecido la figura del gestor de RCD, empresario o empresa que ejerce las operaciones de almacenamiento, selección, reciclaje y eliminación, orientadas a dar a los residuos producidos, el destino más adecuado desde el punto de vista medioambiental. Por otra parte, las actividades de valorización y eliminación están sujetas a autorización medioambiental previa, y a controles por parte de la administración pública.

Plantas de clasificación y transferencia

Las plantas de transferencia son instalaciones para el depósito temporal de RCD que han de ser tratados o eliminados en instalaciones localizadas a grandes distancias. Es posible realizar en estos sitios la separación y clasificación de las fracciones de los residuos con lo que se mejora la gestión en las plantas de reciclaje y depósitos controlados que constituyen su destino final. Cabe señalar que la gestión de los RCD no resiste grandes distancias de transporte por su elevada densidad, gran volumen y escaso valor económico y por tanto el del sobrecoste económico por el tratamiento. En ocasiones funcionan junto a las plantas de reciclaje de inertes y sólo transfieren el resto de materiales hacia las correspondientes plantas de tratamiento.

El proceso comienza con la llegada de los residuos mezclados a la planta en camiones que acceden al recinto donde se supervisa la carga controlando el origen, tipo, características y pesaje en la báscula. Posteriormente se descargan los residuos en la zona de playa . Allí se separan los materiales voluminosos por medio de una máquina retro- pinza que deposita los materiales reciclables en contenedores de almacenamiento para madera, plástico, papel y cartón, metales. De la misma forma los residuos peligrosos que se detecten se separan y almacenan adecuadamente hasta su entrega a un gestor autorizado. Los RCD voluminosos que necesitan trituración son almacenados en la zona correspondiente.

En otro sector el material previamente clasificado es alimentado a la línea de proceso sobre una tolva del alimentador- precribador de barras vibrantes que separa el material de tamaño superior a 80 mm (este tamaño máximo puede variar hasta 200 mm según la instalación). El material medio de tamaño inferior a 80 mm pasa a la cinta transportadora donde un separador magnético separa elementos férricos, el material sigue a un tromel de limpieza con mallas de 40 mm donde se clasifica la fracción fina de tierras.

Los materiales que quedan pasan por una cabina de triaje donde se separan manualmente los plásticos, los metales, el cartón o la madera (Figura 7). Estos materiales recuperados son compactados y enviados a industrias recicladoras, donde podrán ser transformados en subproductos aptos para su uso como materias primas.



Figura 7: Cabina de triaje manual y almacenamiento transitorio de materiales recuperados.

Para retirar los posibles fragmentos de plásticos ligeros, como por ejemplo las bolsas de plástico (polietileno de baja densidad) se usa un aspirador neumático al final de la línea. Los Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

residuos ya clasificados en diferentes granulometrías tienen como destino las plantas reciclado o bien su puesta directa en el mercado. Estas instalaciones no realizan la operación de triturado.

Plantas de reciclaje: fijas y móviles

Las plantas de reciclaje pueden ser fijas, móviles o semi-móviles, debiendo ser estudiada su factibilidad para determinar la viabilidad económica de una u otra en una situación determinada. Pueden tener incorporado el equipamiento de clasificación descrito en el ítem anterior.

Una central de reciclaje fija se parece mucho a la típica planta de producción de áridos naturales. En ella se tratan RCD heterogéneos o se restringe el servicio a materiales sólo inertes. Para los materiales limpios y separados el sistema de procesamiento es siempre más barato, ya que el equipo de reducción primario puede proporcionar productos finales de calidad y se requieren menos operaciones para su procesamiento. El tipo y naturaleza de la mezcla determinan la estrategia básica del procesamiento. Cabe señalar que en todos los casos se rechazan cargamentos que contengan residuos peligrosos.

En general estas plantas cuentan con servicios e instalaciones para la recuperación, clasificación y almacenamiento de RCD, planta de trituración para los inertes o escombros, y servicios para la clasificación y venta de los áridos reciclados. La Figura 8 ejemplifica un modelo de planta fija.

Actualmente, se encuentran instaladas plantas de reciclaje de distintos niveles tecnológicos, 1, 2 y 3 (Aneiros Rodríguez, 2006). Las de primer nivel se componen de trituradoras móviles y equipo de cribado. Procesan materiales inertes, ya que no tienen capacidad de clasificación. Las de nivel 2, cuentan con electroimán para la separación de metales y con planta de trituración fija; poseen mayor cantidad de cribas. Finalmente, las de nivel 3 cuentan con cabinas de triaje, sistemas de aspersión de materiales livianos y separación en húmedo, y están preparadas para separar distintas fracciones de RCD mezclados.

Las plantas móviles tienen la ventaja de poder ubicarse temporalmente en las obras de construcción o demolición. Se trasladan a través de ruedas de neumáticos (tipo camión) o por un sistema de orugas autopropulsadas. El costo de tratamiento por tonelada de RCD resulta superior a la de una central fija.

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

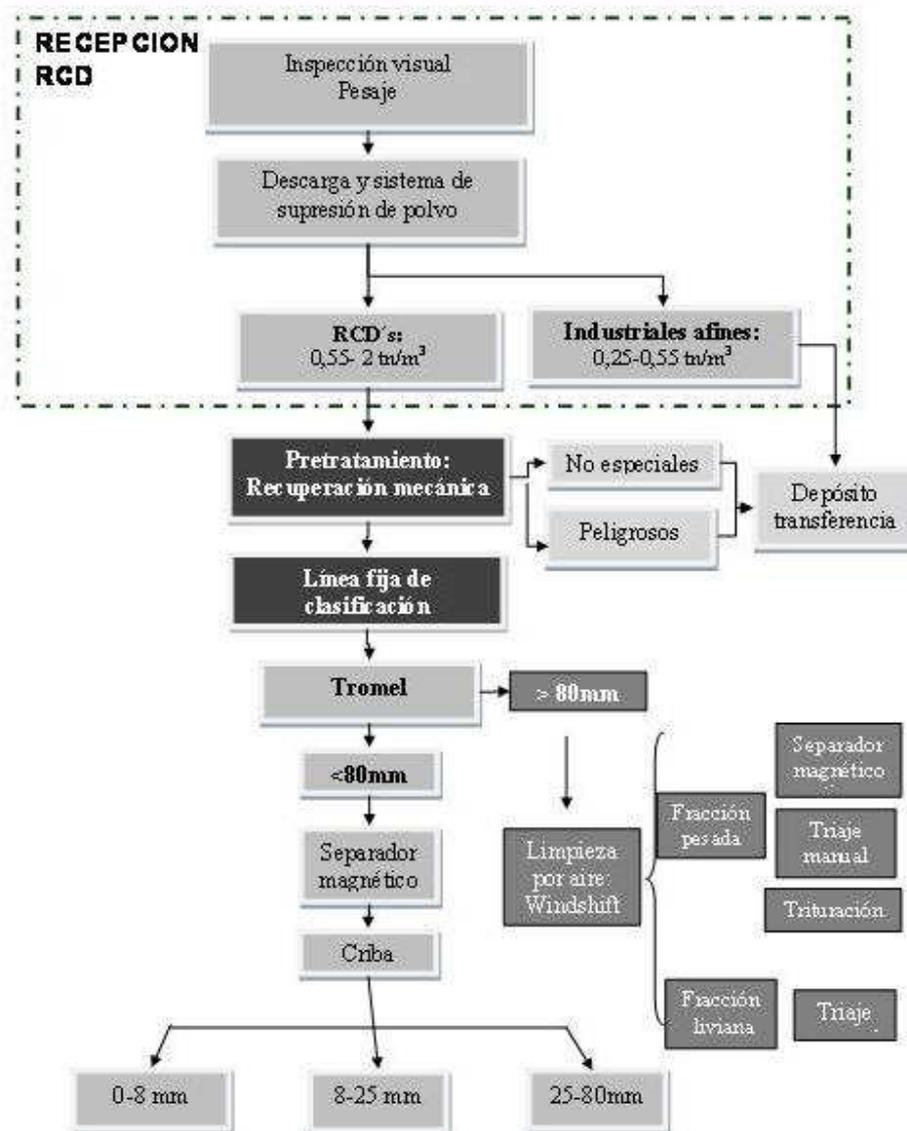


Figura 8: Esquema de planta de reciclaje fija.

Vertederos de inertes

Los vertederos son instalaciones para la eliminación de los RCD de forma controlada, principalmente residuos inertes, van a estar depositados por un periodo mínimo determinado por la legislación. Este periodo es de un año en el caso de la Directiva Comunitaria Europea (CE,

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

1999). En la citada normativa se clasifican los mismos en vertederos de residuos peligrosos, no peligrosos e inertes, se especifican las características técnicas de cada uno, y requisitos mínimos para su diseño, construcción, explotación y clausura.

Para el caso de los vertederos de inertes se listan los residuos admisibles sin realización previa de pruebas en vertederos para residuos inertes y los valores límite de lixiviación para los residuos admisibles en vertederos para residuos inertes (CE, 2003).

La base y los lados del vertedero están determinadas por una capa mineral que cumpla unos requisitos de permeabilidad y espesor cuyo efecto combinado en materia de protección del suelo, de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales sea por lo menos equivalente al derivado del requisito siguiente: - vertederos para residuos inertes: $k \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s; espesor ≥ 1 m,

Siendo,

k = coeficiente de permeabilidad; [m/s]

Cuando la barrera geológica natural no cumpla las condiciones antes mencionadas, se puede complementar mediante una barrera geológica artificial, que consiste en una capa mineral de un espesor (e) no inferior a 0,5 m. La Figura 9 ejemplifica las condiciones impuestas por la normativa mencionada.

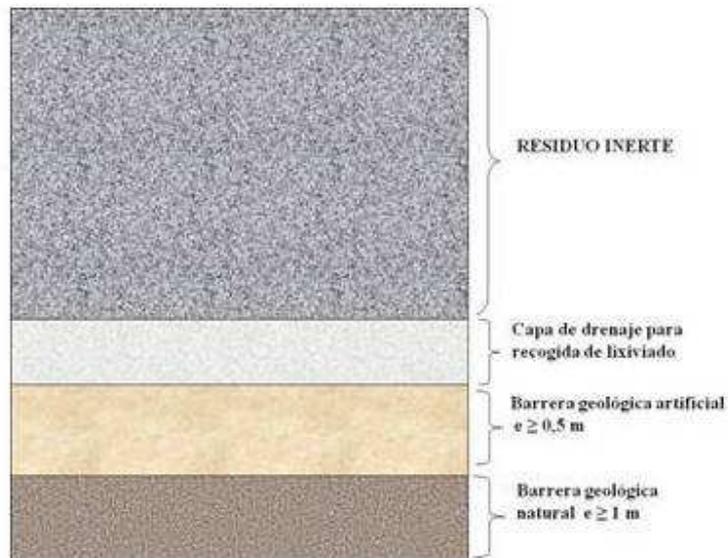


Figura 9: Esquema de las barreras impermeabilizantes en vertederos de inertes

Estas especificaciones generales se dan a modo de ejemplo, debiendo adaptarse las barreras impermeabilizantes al resultado de un análisis de riesgo que tome en cuenta las condiciones ambientales de la región donde se ubicará el vertedero de que se trate.

SITUACIÓN DE LOS RCD EN EUROPA, ESPAÑA, Y AMÉRICA LATINA

En Europa, mediante las directivas comunitarias, se ha producido un gran avance en las últimas décadas en materia medioambiental. Especialmente, se ha puesto interés en todo lo referido a la gestión de los residuos sólidos en general y los RCD en particular (Symonds, op.cit., 1999).

El destino de los RCD se está orientando rápidamente desde el relleno y vertido hacia el reciclaje. El motivo principal ha sido la implementación de medidas de carácter legal y económico, tales como el incremento del costo del vertido y/o su prohibición como medio de internalización de costos ambientales, en algunos países europeos.

Esta política de reciclaje se fundamenta en la escasez de materias primas para la obtención de áridos naturales, y la dificultad de encontrar emplazamientos para vertederos.

La fracción del residuo que en estos momentos es objeto de especial atención como material a ser reciclado, es la denominada como Escombros en el Plan Nacional de RCD de España (MARM 2008), que representa alrededor del 75- 80% del total de los residuos de RCD.

En Latinoamérica, Brasil es el primer país donde se instala una planta de reciclaje de RCD en 1996. A partir de la resolución emitida por el Consejo Nacional de Medio Ambiente N° 307/2002 (CONAMA, 2002) que establece directrices, criterios y procedimientos para la gestión de los RCD algunos municipios vienen implantando acciones para el reciclaje, pautadas en la legislación municipal adecuada, como es el caso de Salvador, Belo Horizonte y, Sao Paulo, entre otros.

En México, en 2003 se publica la Ley de Residuos Sólidos para el Distrito Federal que regula las disposiciones de la LGPGIR de alcance nacional (SMA, 2003). Tuvo una gran connotación en la industria de la construcción, ya que enuncia que los propietarios, directores, responsables de obras, contratistas y encargados de inmuebles en construcción o demolición, son responsables por la gestión de sus residuos y establece la obligación de planes de manejo. En 2004 se pone en marcha la primera planta de reciclaje y única en el país, en el Distrito Federal, Concretos Recicladados S.A. El Distrito Federal es el primero en gestionar normas que regulen el vertido de los residuos de Construcción, a través de la Norma ambiental (NADF-007-RNAT-2004) del 12/07/2006 (SMA, 2006), que establece la clasificación y especificaciones de manejo de residuos de la construcción.

En Argentina, con una realidad semejante a la del resto de los países de Latinoamérica, la gestión de RCD está en estado incipiente, y se resume en pocas etapas: recogida, transporte y la disposición final en vertederos, la mayoría de ellos incontrolados. Las dificultades en la gestión de los RCD se manifiestan por causas principalmente económicas, marcadas por la escasez de recursos monetarios que enfrentan los países en vías de desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

Aneiros Rodríguez, L.M., 2006. Tecnología de las plantas de reciclaje de RCD y niveles tecnológicos en la UE. Revista Técnica Residuos 103, 56-64.

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

Begum, R. A., Siwar, C., Pereira, J.J., Jaafar, A.H., 2007. Implementation of waste management and minimisation in the construction of Malasya, Resources Conservation & Recycling 51, 190-202.

Carneiro, F. P., 2005. Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade do Recife. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brasil. En portugués.

CE (Consejo de la Unión Europea), 1999. Directiva 1999/31/CE del Consejo relativa al vertido de residuos <http://eur-lex.europa.eu/>.

CE (Consejo de la Unión Europea), 2000. CER (Catálogo Europeo de Residuos), Decisión 2000/532/CE, de la Comisión, de 3 de mayo, modificada por las Decisiones de Comisión, 2001-118, de 16 de enero, Decisión 2001-119, del 22 de enero, y por la Decisión del Consejo 573-2001, de 23 de julio de 2001.

CE (Consejo de la Unión Europea), 2003. Decisión del Consejo 2003/33/CE, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE <http://eur-lex.europa.eu/>.

CONAMA (Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil), 2002. Resolución N° 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicação DOU n° 136, de 17/07/2002, págs. 95-96. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>.

EPA (Environmental Protection Agency), 1998. Characterization of Building Related Construction and Demolition Debris in the United States. EPA 530-R-98-010. <www.epa.gov>. González, G.J.F., 2007. Reciclar es lo de hoy. Construcción y Tecnología, Febrero 42-46. <<http://www.imcyc.com/ct2007/index.htm>> .

Gusmão, A. D., 2007. Melhoramento de terrenos arenosos. In Gusmao, A.D., Gusmao Filho, J.A.; Oliveira, J.T.R.; Maia, G.B.; Geotecnia no Nordeste, Editora UFPE, 1º Edição, Brasil. Pp. 331-363.

Lund, H. F., 1996. Manual Mc Graw Hill de Reciclaje. Cap. 3. Edit. Mc Graw Hill.

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”. ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino), 2008. Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición de España 2008-2015. Texto aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de 26-12-2008. Boletín Oficial del Estado N° 49 del 26-02-2009, Sección I, Pág. 19893- 20016 <www.marm.es>.

Mercante, I., 2005. Impacto ambiental de los residuos de construcción y demolición. Alternativas de gestión. Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Cuyo. En español.

Mercante, I., Césari, R., Arena, A.P. 2009. Propuesta metodológica para la caracterización de residuos de construcción y demolición. Aplicación al área del Gran Mendoza. Actas del V EnIDI Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería. Mendoza. ISBN 978-950-42-0121-2.

Ortiz, O., Pasqualino, J.C., Castells, F., 2009. Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain. Waste Management 30, 646-654.

Rolón Aguilar, J. C., Nieves Mendoza, D., Huete Fuertes, R., Blandón González, B., Terán Gilmore, A. Pichardo Ramírez, R., 2007. Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón. Materiales de Construcción Vol. 57, 288, 5-15.

SMA (Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal de México), 2003. Diario Oficial de la Federación del 8 de octubre de 2003. Ley de Residuos Sólidos para el Distrito Federal que regula las disposiciones de la LGPGIR de alcance nacional. <http://www.contraloria.df.gob.mx/prontuario/vigente/r2381.htm>

SMA (Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal de México), 2006. Gaceta oficial del Distrito Federal de México, del 12 de Julio de 2006. Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal. <<http://www.sma.df.gob.mx/sitia/download/marco%20normativo/NADF-007-RNAT-2004.pdf>>.

Este texto corresponde al Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario". ISBN 978-1-59754-787-1. Libros en Red. 2011.

Symonds, ARGUS, COWI y PRC Bouwcentrum, 1999. Report to DGXI. European Commission. Construction and Demolition Waste Management Practices and their economic impacts. http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/cdw/cdw_chapter1-6.pdf.

Vegas, I., Azkarate, I., Juarrero, A., Frías, M., 2009. Diseño y prestaciones de morteros de albañilería elaborados con áridos reciclados procedentes de escombros de hormigón. *Materiales de Construcción* Vol. 59, 295, 5-18.